

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

TAÍS PINTO RODRIGUES SALDANHA

**O CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA
PARA O ENSINO MÉDIO**

**Bagé
2016**

TAÍS PINTO RODRIGUES SALDANHA

**O CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA
PARA O ENSINO MÉDIO¹**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles

Coorientadora: Profa. Dra. Ângela Maria Hartmann

**Bagé
2016**

¹ Apoio: Observatório da Educação (OBEDUC).

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S162c Saldanha, Taís Pinto Rodrigues
O conceito de potência elétrica: uma intervenção
pedagógica para o ensino médio / Taís Pinto Rodrigues
Saldanha.
159 f.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Federal do
Pampa, MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS,
2016.
"Orientação: Pedro Fernando Teixeira Dorneles".

1. Circuitos elétricos. 2. Atividades Experimentais.
3. Sequência Didática. 4. Ensino de Física. I. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

TAÍS PINTO RODRIGUES SALDANHA

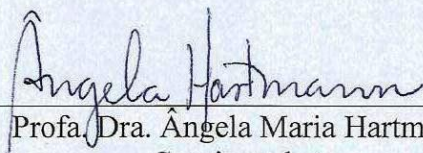
**O CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA
PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre Profissional em Ensino de Ciências.

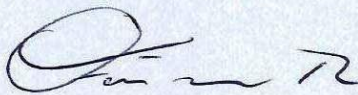
Área de concentração: Ensino de Ciências

Dissertação defendida e aprovada em: 09 de dezembro de 2016.

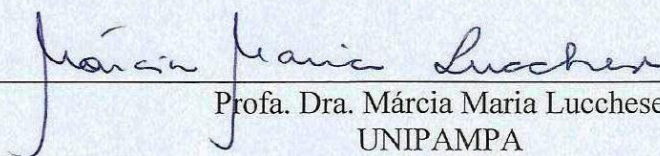
Banca Examinadora:



Profa. Dra. Ângela Maria Hartmann
Coorientadora
UNIPAMPA



Prof. Dr. Fábio Saraiva Rocha
UFPEL



Profa. Dra. Márcia Maria Lucchese
UNIPAMPA

Dedico este trabalho a meu filho, Thomas Theodoro Rodrigues Saldanha, meu companheiro, razão pela busca do meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, que se fez presente em todas as ocasiões, proporcionando saúde e serenidade nos momentos desta caminhada.

Ao professor Dr. Pedro Fernando Teixeira Dorneles, orientador deste projeto, pela amizade, dedicação e generosidade, que se fez presente durante este trabalho. À professora Dra. Ângela Maria Hartmann, coorientadora, pela paciência e acolhida, desde o começo do Mestrado.

Ao meu esposo, Elisandro Saldanha, companheiro de várias jornadas, pelo amor, incentivo e compreensão, nos momentos mais difíceis em que estive ausente.

Ao meu pai, Gentil Rodrigues e minha irmã, Daiane Rodrigues, que na luta constante pela vida, se fazem presentes em minha jornada, me apoiando, incentivando e fazendo-me ter forças de seguir em frente. A minha mãe, Maria Alice Rodrigues, e minha irmã, Yasmin Rodrigues, que estiveram comigo nos momentos mais difíceis.

À direção, funcionários, professores e alunos da escola Luiz Maria Ferraz – Ciep-Bagé/RS, pela amizade e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Edson M. Kakuno, pelas inúmeras contribuições no desenvolvimento das atividades implementadas.

Às colegas Adriana Pinto e Cristinemar Vinholes pelo estímulo desde o ingresso no Mestrado e apoio em diversas ocasiões.

Aos colegas, Gustavo Machado, Januário Dias, Camilla Collares e ao Núcleo de Tecnologia do Estado, que contribuíram com sua participação em diversos momentos do trabalho.

A todos que estiveram comigo nesta caminhada, o meu muito obrigada.

RESUMO

Este trabalho descreve e avalia a aplicação de uma intervenção pedagógica que contempla atividades voltadas para a aprendizagem de conceitos relacionados ao estudo de circuitos elétricos, especialmente os de potência e energia elétrica, utilizando textos de introdução teórica, simulações computacionais, atividades experimentais e contextualizadas. A proposta foi desenvolvida em aulas da componente curricular de Física em uma turma de 3º ano do Ensino Médio Politécnico da E.E.E.M. Luiz Maria Ferraz – Ciep – na cidade de Bagé/RS, com o objetivo de promover a aprendizagem relacionada à associação de resistores em série de modo que o aluno compreenda que: i) a intensidade da corrente que circula pelos componentes do circuito é a mesma; ii) a resistência equivalente do circuito aumenta quando mais um resistor é associado em série; iii) a soma das diferenças de potencial entre as extremidades dos resistores é igual à diferença de potencial aplicada entre os extremos da fonte; iv) a diferença de potencial em um resistor é proporcional à intensidade da corrente elétrica e a resistência elétrica; iv) é necessário tratar o circuito como um sistema; vi) a potência elétrica é diretamente proporcional ao produto da diferença de potencial pela intensidade da corrente elétrica; vii) o consumo de energia elétrica é diretamente proporcional à potência elétrica do aparelho pelo tempo de uso. O presente trabalho é fundamentado teoricamente na Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. As atividades foram desenvolvidas a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes envolvidos na pesquisa acerca da temática em questão e durante a intervenção pedagógica foram oportunizados momentos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A produção educacional foi elaborada na forma de uma Sequência Didática, dividida em quatro módulos de ensino. No **primeiro módulo**, propõe-se uma avaliação e um exemplo de atividade prática experimental para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema Circuitos Elétricos e Eletricidade. No **segundo módulo**, utilizamos textos de introdução teórica com exercícios de fixação, exemplos de atividades de simulação computacional e experimentais para explorar as características de uma associação em série de resistores. No **terceiro módulo**, foram utilizados textos de introdução teórica e atividades experimentais para explorar os conceitos de potência elétrica e consumo de energia elétrica. No **quarto módulo**, encontra-se a avaliação, respondida pelos alunos, para coletar indícios de ocorrência de uma aprendizagem significativa do conteúdo. Ao final do módulo, propõe-se uma atividade para contextualizar a Física presente no cotidiano, em que aprofundamos os entendimentos acerca dos conceitos físicos de potência elétrica e consumo de energia elétrica. Com esta atividade, sugerimos uma reflexão a respeito dos equipamentos que utilizam energia elétrica, oportunizando aos alunos refletir se realmente precisam de todos eles ou se é possível diminuir o tempo de uso dos mesmos. Os resultados evidenciam que os objetivos de aprendizagem propostos foram atingidos com a aplicação da Sequência Didática. Os alunos demonstraram reconhecer as grandezas físicas em um circuito elétrico, assim como as relações entre as mesmas, foram capazes de entender o conceito de potência elétrica e demonstrar habilidades para efetuar o cálculo do consumo de energia elétrica, os quais viabilizaram reflexões a respeito da utilização dos equipamentos elétricos. O trabalho desenvolvido está sintetizado na produção educacional anexa a esta dissertação e que se constitui de um material de apoio (introdução teórica, simulação computacional, atividades práticas e experimentais) para docentes da componente curricular de Física do Ensino Médio ao ministrarem aulas sobre circuitos elétricos.

Palavras-chave: Circuitos elétricos; Atividades Experimentais; Sequência Didática; Ensino de Física.

ABSTRACT

This paper describes and evaluates the application of a pedagogical intervention that includes activities focused on learning concepts related to the study of electrical circuits, especially those of power and electric power, using theoretical introduction texts, computer simulations, experimental and contextualized activities. The proposition was developed in Physics component curricular classes in a 3rd grade Polytechnic High School class from E.E.E.M. Luiz Maria Ferraz – Ciep – in Bagé/RS. The aim is to promote learning related to the association of resistors in series, in order to make the student comprehend that: i) the intensity of the current circulating through the circuit components is the same; ii) the equivalent resistance of the circuit increases when one more resistor is associated in series; iii) the sum of the potential differences between the ends of the resistors is equal to the potential difference applied between the ends of the source; iv) the difference in potential in a resistor is proportional to the intensity of the electric current and the electric resistance; v) it is necessary to treat the circuit as a system; vi) the electric power is directly proportional to the product of the potential difference by the intensity of the electric current; vii) the electricity consumption is directly proportional to the electric power of the device by the time of use. The present study is theoretically well-founded in the Significant Learning Theory, of David Ausubel. The activities has been developed from the previous knowledge of the students involved on a research about the matter in question and during the pedagogical intervention, has been presented moments of progressive differentiation and integrative reconciliation. The educational production has made in a Didactics Sequence form, divided into four teaching modules. On the **first module**, it has proposed an evaluation and an example of a practical and experimental activity to identify the previous knowledge of the students about Electricity and Electrical Circuits thematic. On the **second module**, we used theoretical introduction texts with fixation exercises, examples of computer simulation and experimental activities in order to exploit the characteristics of an association of resistors in series. On the **third module**, it has been used theoretical introduction texts and experimental activities in order to exploit the concepts of electric power and electric energy consumption. On the **fourth module**, was found the assessment, answered by the students, to collect evidences if has occurred a significant learning of the content. At the end of the module, was proposed an activity to contextualize Physics present in daily life, in which we deepen the understandings about physical concepts of electrical power and electric energy consumption. Through this activity, we suggest a reflection regarding the equipments that use electric energy, providing opportunities to the students to think if they really need all of the equipments or if it is possible to decrease its time use. The results highlighted that the learning aims proposed were achieved through the application of the Didactics Sequence. The students recognized the physical quantities in an electrical circuit, as well as the relation between them, being capable of understanding the electric power concept and demonstrating abilities in calculate the electric energy consumption, which made possible reflections regarding the use of electric equipments. The developed work are synthesized on the educational production, attached to this essay, and it is constituted as a support material (theoretical introduction, computer simulation, experimental and practical activities) to teachers of the Curricular component of Physics in High School, in teaching of electrical circuits.

Keywords: Electrical Circuits; Experimental Activities; Didactics Sequence; Physics Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema da Zona Cinza.....	18
Figura 2: Esquema da Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa	22
Figura 3: Fachada principal e pátio central da E.E.E.M. Luiz Maria Ferraz – Bagé/RS	34
Figura 4 : Materiais utilizados na atividade inicial.....	36
Figura 5: Alunos construindo circuitos elétricos com fio, lâmpada e bateria	43
Figura 6 : Alunos trabalhando em grupo resolvendo exercícios do texto com introdução teórica ao estudo de circuitos elétricos	45
Figura 7- Alunos trabalhando com o simulador PHET	48
Figura 8: Distribuição dos grupos de trabalho na sala de aula	51
Figura 9: Materiais do Kit Experimental.....	52
Figura 10 : Montagem dos circuitos elétricos construídos pelos alunos para acender a lâmpada	53
Figura 11: Alunos trabalhando com as atividades experimentais	54
Figura 12: Imagem da frente da escola no dia da ocupação	58
Figura 13 : Circuito elétrico montado com uma lâmpada e um LED.....	62
Figura 14: Gabarito das conexões do circuito elétrico montado com uma lâmpada e um LED	62
Figura 15: Execução da Atividade 3 do Guia de Atividades Experimentais sobre Potência ...	63
Figura 16: Circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em série e um interruptor.....	66
Figura 17: Aplicação do pós-teste e projeção de resultados.....	69
Figura 18 : Gráfico comparativo do número de acertos do pré e pós-teste por aluno.....	74
Figura 19: Comparativo entre o pré e pós-teste: número acertos por questão	76
Figura 20: Circuitos elétricos com lâmpadas associadas em série	77
Figura 21: Circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em série, sendo $L_1 > L_2$	77
Figura 22: Circuito elétrico com lâmpada e interruptor	78
Figura 23: Circuito elétrico com lâmpadas associadas em série	78
Figura 24: Gráfico comparativo entre as médias do pré e pós-teste por objetivo de aprendizagem.....	79
Figura 25: Circuito apresentado na atividade 1	81
Figura 26: Recorte das respostas dos grupos G4 e G5 na atividade 1, item a.....	81
Figura 27: Circuito apresentado na atividade 1, item c	82
Figura 28: Recorte das respostas dos grupos G1, G2, G4 e G5 na atividade 3, item a.....	84

Figura 29: Recorte das respostas dos grupos G3 e G6 na atividade 3, item a.....	85
Figura 30: Imagens da atividade 1, itens c, f do grupo G1.....	91
Figura 31: Imagens da atividade 2, item a do grupo G4.....	93
Figura 32: Circuito elétrico da atividade 3.....	94
Figura 33: Imagens da atividade 3, item f, dos grupos G1, G3, G4 e G6.....	96
Figura 34: Imagens da atividade 3, item f, dos grupos G2 e G5.....	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Relação de atividades por módulo de ensino	35
Quadro 2: Descrição dos objetivos de aprendizagem e atividades do Módulo II	37
Quadro 3: Descrição dos objetivos de aprendizagem e atividades do Módulo III.....	38
Quadro 4: Descrição dos objetivos de aprendizagem e atividades do Módulo IV	39
Quadro 5: Evolução do desempenho dos alunos entre o pré e o pós-teste.....	73
Quadro 6: Aproveitamento das avaliações (%) por aluno e diferença entre as avaliações (%)	75
Quadro 7:Relato dos alunos na atividade 1, item b	81
Quadro 8: Relato dos alunos na atividade 1,item d	82
Quadro 9: Relato dos alunos na atividade 2, item c	83
Quadro 10: Relato dos alunos na atividade 3, item b	85
Quadro 11: Relato dos alunos na atividade 3, item c	86
Quadro 12: Relato dos alunos na atividade 4, item d	87
Quadro 13: Relato dos alunos na atividade 5, item c	89
Quadro 14: Relato dos alunos na atividade 1, item g	92
Quadro 15: Relato dos alunos na atividade 2, item b	93
Quadro 16: Relato dos alunos na atividade 3, item d	94

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 REFERENCIAL TEÓRICO	17
1.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	17
1.2 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	19
1.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA	19
1.4 DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA.....	21
1.5 CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	22
1.6 EVIDÊNCIAS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	23
2 ESTUDOS RELACIONADOS	25
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
3.1 OBJETIVOS	32
3.1.1 Objetivo geral.....	32
3.1.2 Objetivos de ensino.....	32
3.1.3 Objetivos de aprendizagem	32
3.2 LOCAL DE APLICAÇÃO E ESTUDANTES ENVOLVIDOS NA PESQUISA	33
3.3 DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS DIDÁTICOS: PROPOSTA E OBJETIVOS	34
3.4 AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	39
4 RELATO DOS ENCONTROS.....	41
4.1. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
5.1 ANÁLISE QUANTITATIVA.....	73
5.2 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE OS OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	80
5.2.1ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 1	80
5.2.2 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 2	83
5.2.3 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 3	84
5.2.4 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 4	87
5.2.5 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 5	88
5.2.6 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 6	90
5.2.7 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 7	95

6 AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	98
6.1 QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO SOBRE ATIVIDADES DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	98
6.2 QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO SOBRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	100
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	108
ÂPENDICE A: TERMO DE ESCLARECIMENTO LIVRE E CONSENTIDO	110
ÂPENDICE B: TESTE DE CONHECIMENTOS (PRÉ E PÓS-TESTE)	111
ÂPENDICE C: TEXTO DE INTRODUÇÃO TEÓRICA AO ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS	120
ÂPENDICE D: GUIAS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	130
ÂPENDICE F: TEXTO DE INTRODUÇÃO TEÓRICA SOBRE O CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	142
ÂPENDICE G: GUIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS SOBRE POTÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	149
ÂPENDICE H: ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS	153
ÂPENDICE I: CONSTRUÇÃO DO KIT EXPERIMENTAL	157
ÂPENDICE J: QUESTIONÁRIOS INVESTIGATIVOS	160

INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi produzida a partir da implementação e avaliação de uma sequência didática sobre Potência Elétrica, em que foram abordados conceitos gerais sobre Circuitos Elétricos, tais como: resistência, intensidade da corrente, diferença de potencial, potência elétrica e consumo de energia elétrica.

As atividades deste trabalho foram planejadas, desenvolvidas e aplicadas segundo a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, em que buscamos organizá-las a partir dos conhecimentos prévios (acerca da temática escolhida) dos estudantes envolvidos na pesquisa. Durante o desenvolvimento do trabalho, utilizamos dois conceitos fundamentais do autor: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. O capítulo um descreve tais conceitos e os demais defendidos por Ausubel, e revisitados por Marco Antônio Moreira (MOREIRA, 2006), sobre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo.

A ideia da temática sobre Circuitos Elétricos surgiu de minha prática docente de mais de 14 anos como regente de classe da componente curricular de Física, no 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio. Embora minha formação acadêmica inicial seja Licenciatura Plena em Matemática, com o passar dos anos fui participando de encontros e cursos de formação continuada para me apropriar dos conceitos, teorias e leis que regem a área do conhecimento da Física. O ingresso no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Pampa – Unipampa- Campus Bagé/RS, no ano de 2015, veio ao encontro desse processo de constante busca pelo conhecimento, almejando o aprofundamento de novos pressupostos teóricos e o contato com outras metodologias que investiguem as relações dos processos de ensino e aprendizagem para conseqüentemente aprimoramento de minha prática docente.

Trabalhando desde o início da carreira profissional em uma escola pública da Zona Leste da cidade de Bagé, em que a maioria das famílias estão sujeitas a vulnerabilidade social, foi possível conhecer e analisar a realidade da comunidade escolar com o passar dos anos. No dia a dia da sala de aula fui me deparando com jovens desmotivados, de baixa autoestima, revoltados com o distanciamento do sistema educacional e suas realidades, despreparados para enfrentar o mercado de trabalho e desprovidos de perspectivas para estudos posteriores.

Presenciando tais dificuldades, sempre foi motivo de aflição e reflexão a seguinte questão: de que forma o componente curricular de Física pode contribuir para resgatar a autoestima desse jovem e possibilitar o prazer em aprender, sendo capaz de aplicar o conhecimento

adquirido no seu cotidiano? Em minhas reflexões encontrei orientações apresentadas em documentos oficiais que indicam que:

Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir (BRASIL, 2002, p.58).

Assim, o que a Física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Não apenas de forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções. Ao se ensinar Física devem-se estimular as perguntas e não somente dar respostas a situações idealizadas (BRASIL, 2006, p.53).

Assim, na tentativa de responder a questão norteadora, orientados pelos documentos oficiais e fundamentados na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, desenvolvemos uma sequência didática dividida em quatro módulos didáticos, em que no **primeiro módulo** propomos uma avaliação e um exemplo de atividade prática experimental para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema Circuitos Elétricos e Eletricidade.

É notável no estudo de Circuitos Elétricos os alunos apresentarem dificuldades na compreensão das grandezas físicas presentes, assim como nas relações existentes entre as mesmas. Muitas vezes, tais dificuldades, são oriundas de uma série de correlações presentes que necessitam de uma compreensão do circuito elétrico como um sistema, pois segundo Dorneles (2005) uma alteração em qualquer parte do circuito provoca simultaneamente alterações ao longo de todos componentes do circuito. Desse modo, construímos o **segundo módulo** da sequência didática em que utilizamos textos de introdução teórica com exercícios de fixação, exemplos de atividades de simulação computacional e experimentais, objetivando através do material apresentado superar dificuldades e esclarecer possíveis enganos conceituais, promovendo uma aprendizagem significativa acerca do tema proposto. No capítulo dois desta dissertação descrevemos trabalhos da literatura relacionados a temática dos circuitos elétricos.

Buscando despertar nos alunos a compreensão que as grandezas físicas estão presentes em suas práticas diárias, apresentamos o **terceiro módulo** da sequência didática, voltado para atividades experimentais sobre potência elétrica e consumo de energia elétrica. Nesta etapa do trabalho esperamos através do desenvolvimento das atividades aproximar a Física dos anseios dos estudantes de modo a superar desafios enfrentados no processo de aprendizagem sobre a temática escolhida. O **quarto módulo** contempla uma avaliação para reunir evidências de uma aprendizagem significativa, por parte dos alunos, sobre o conteúdo relacionado a

circuitos elétricos. Ao final do módulo propomos uma atividade para contextualizar a Física presente no cotidiano, em que aprofundamos os entendimentos acerca dos conceitos físicos de potência elétrica e consumo de energia elétrica. Com esta atividade, sugerimos uma reflexão a respeito dos equipamentos que utilizam energia elétrica, oportunizando aos alunos refletir se realmente precisam de todos eles ou se é possível diminuir o tempo de uso.

A sequência didática apresentada na produção educacional foi aplicada na Escola Estadual de Ensino Médio Luiz Maria Ferraz – Ciep – com uma turma de 3º ano de Ensino Médio Politécnico, com alunos entre 16 e 19 anos. As atividades desenvolvidas ao longo da proposta contemplam as orientações da Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB), a qual aponta as finalidades do Ensino Médio no Art.35, das quais destacamos:

II) – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996).

Salientamos que para a realização deste trabalho contamos com apoio do Laboratório de Física do Campus Bagé, UNIPAMPA, que permitiu que o técnico responsável construísse os conjuntos (kits) de materiais experimentais. Os detalhes da construção e utilização destes materiais estão descritos no terceiro capítulo. Além disso, contamos com o auxílio de um aluno bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). O bolsista atuou como monitor nas atividades de simulação computacional e experimentais, em que os alunos estavam reunidos em grupos de trabalho.

A produção educacional “Sequência Didática para Estudo de Potência Elétrica” pretende contribuir para melhorias nos processos de ensino e aprendizagem de conceitos físicos sobre Circuitos Elétricos, centrada nos estudos sobre Potência Elétrica e Energia Elétrica. No decorrer da implementação da sequência didática, os estudantes são estimulados a utilizar seus conhecimentos prévios, interagindo com as novas definições através da execução de atividades, tais como: leitura de textos, resolução de exercícios, atividades interativas de simulação computacional e práticas experimentais com montagem de circuitos com lâmpadas e LEDs, além da análise das contas de energia elétrica das residências e reflexões acerca do assunto.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo apresentamos o referencial teórico que fundamentou a produção educacional resultante deste trabalho de mestrado, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

1.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Este trabalho está baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, e fundamentamos as atividades iniciais apresentadas, de coleta de dados, a partir de suas palavras *apud* Moreira (2006, p.13):

Se eu tivesse de reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine de acordo.

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, processo pelo qual os novos conhecimentos se relacionam de maneira substantiva, portanto não-literal e não-arbitrária, a estruturas relevantes presentes no cognitivo do indivíduo. Ausubel define esse conhecimento pré-existente como subsunçor; este que vai servir de âncora para que o novo conhecimento seja adquirido de forma substancial e tenha significado para o indivíduo (MOREIRA, *op.cit.*).

À medida que ocorre o processo de interação entre os conhecimentos preexistentes e os novos conceitos, o subsunçor vai sendo progressivamente diferenciado em termos de significados, e estes vão sendo incorporados, assimilados, e ao mesmo tempo modificados na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, para Ausubel, o conhecimento:

É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para a prender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (AUSUBEL, 2000, prefácio).

Segundo Ausubel *apud* Moreira, Caballero y Rodriguez (2005, p.3), a aprendizagem significativa é um mecanismo humano por excelência, pelo qual o indivíduo adquire, e conseqüentemente armazena, um número vasto de informações e novos conceitos, em qualquer área do conhecimento.

Segundo Moreira (2012, p.31), a aprendizagem que mais ocorre na escola é a aprendizagem mecânica, totalmente sem significado e memorística, que serve apenas para as

avaliações realizadas ao final de tópicos de ensino, sendo esquecida logo após. Ausubel define a aprendizagem mecânica como sendo aquela em que os novos conhecimentos são aprendidos praticamente sem interagirem com informações relevantes, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 2006).

Segundo Moreira (2012, p. 32), esses dois tipos de aprendizagens, significativa e mecânica, não constituem uma dicotomia, podem estar ao longo de um mesmo contínuo. Na prática, grande parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária (zona cinza) desse contínuo e um ensino potencialmente significativo poderia auxiliar a caminhada do aluno nessa zona.

Figura 1: Esquema da Zona Cinza



Fonte: Adaptado de Moreira (2012, p.32)

Para Moreira (idem) a aprendizagem significativa sempre vai ocorrer se o aprendiz possui subsunçores que possibilitem a interação com o novo conhecimento, mas caso o novo conhecimento seja algo novo o aluno irá aprender de forma mecânica e esses conceitos aprendidos mecanicamente poderão servir de ancoras para a aprendizagem significativa de novos conceitos. Então, a aprendizagem nem sempre precisa iniciar em uma aprendizagem mecânica, desde que o aprendiz já possua conhecimentos prévios sobre o tema.

Convém destacar que na teoria ausubeliana existe uma distinção entre aprendizagem significativa e mecânica, assim como entre aprendizagem “por descoberta” e “por recepção”. Para Ausubel, segundo Moreira (2006, p.17), na aprendizagem por recepção, o aprendiz recebe as informações em sua forma final, enquanto na aprendizagem por descoberta, o aprendiz deve descobrir o conteúdo principal. Entretanto, após a descoberta, a aprendizagem só será significativa, se o conteúdo descoberto estabelecer ligações com os conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva.

A aprendizagem, seja por recepção ou por descoberta, só é significativa, se os novos conceitos forem incorporados, de forma não arbitrária e não literal, à estrutura cognitiva.

Assim, tanto a aprendizagem por recepção como a aprendizagem por descoberta, podem

ser significativa ou mecânica, dependendo de como a informação é armazenada na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2006).

1.2 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Ausubel (2000, p.1) fez a distinção em três tipos de aprendizagem significativa: representacional (de representações), conceitual (de conceitos) e proposicional (de proposições), descritas a seguir:

i) *Aprendizagem representacional*: ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado que os referentes possuem. Destaca que esta aprendizagem é significativa, porque tais proposições de equivalência representacional podem relacionar-se de forma não arbitrária, como exemplares, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, que ocorre desde o primeiro ano de vida;

ii) *Aprendizagem conceitual*: por definição *conceitos* podem ser objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo. Diferencia-se em dois métodos conceituais, sendo de formação, que ocorre principalmente nas crianças jovens; e de assimilação, que é a forma dominante em crianças de idade escolar e nos adultos. Na formação conceitual, os atributos específicos do conceito são adquiridos através de experiências diretas e de fases sucessivas de formulação de hipóteses, testes e generalização. No processo de assimilação conceitual, os atributos específicos dos novos conceitos definem-se com a utilização em novas combinações de referentes existentes, disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo;

iii) *Aprendizagem proposicional*: os conceitos são palavras combinadas em uma sentença para constituir uma proposição. A tarefa não é aprender o significado dos conceitos (embora seja pré-requisito) e sim o significado das ideias expressas verbalmente, que compõem a proposição (MOREIRA, 2006).

1.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

A sociedade contemporânea necessita de um ensino voltado para uma aprendizagem significativa que seja crítica, pois para sobreviver diante das constantes mudanças não basta

apenas adquirir novos conhecimentos. É preciso adquiri-los criticamente, de maneira, a saber, questioná-los (MOREIRA, 2012).

É através desta aprendizagem significativa e crítica que os humanos serão capazes de lidar com as diferentes mudanças sem deixar-se sujeitar-se a elas, manejar a informação diante de uma imensa disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se dependente dela. Dessa forma, conseguirão trabalhar com a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, as diferenças, com a concepção que o conhecimento é uma construção da humanidade e que apenas conseguimos representá-lo no mundo e não captá-lo diretamente (MOREIRA, 2005, p.7).

Para a ocorrência de uma aprendizagem significativa crítica, Moreira (2005, 2012) propõe onze princípios facilitadores:

- *Princípio do conhecimento prévio*: o conhecimento prévio é a variável mais importante que influencia no processo de aprendizagem significativa, pois os seres humanos aprendem a partir de entendimentos já existentes na sua estrutura cognitiva.
- *Princípio da interação social e do questionamento*: não é suficiente apenas saber responder perguntas, é necessário saber formular as mesmas, sendo esta habilidade o resultado de uma constante negociação de significados entre alunos e professores.
- *Princípio da diversidade de materiais*: é necessário utilizar uma diversidade de materiais instrucionais e não apenas o livro texto (por exemplo) como material educativo.
- *Princípio do aluno como perceptor /representador*: o importante é a percepção, pois o aluno representa tudo o que percebe.
- *Princípio do conhecimento como linguagem*: tudo que chamamos de conhecimento é linguagem. Aprender um conteúdo de maneira significativa é aprender sua linguagem, ou seja, signos, instrumentos, procedimentos e principalmente palavras, de maneira substantiva e não-arbitrária.
- *Princípio da consciência semântica*: o significado está nas pessoas e não nas palavras. É preciso ter a consciência de que os significados são atribuídos através das experiências vividas pelos humanos e aprender significa compartilhar significados.
- *Princípio da aprendizagem pelo erro*: errar faz parte da natureza humana e se aprende através da superação dos erros.

- *Princípio da desaprendizagem*: quando o conhecimento prévio dificulta ao aprendiz captar os novos significados, é necessário esquecer suas concepções e não utilizá-las para uma nova aprendizagem.
- *Princípio da incerteza do conhecimento*: o conhecimento é uma construção humana e como tal está em constante evolução, não está pronto e acabado, está sempre sendo progressivamente modificado.
- *Princípio da diversidade de estratégias*: é necessário utilizar diferentes estratégias de ensino que tenham participação efetiva e ativa dos alunos.
- *Princípio do abandono da narrativa*: implica buscar metodologias que tiram a centralidade da figura do professor e apresentem atividades em que os alunos tornam-se os protagonistas, falando mais e ouvindo menos.

Convém destacar que, “aprendizagem significativa é aprendizagem com significado, com compreensão, com capacidade de transferência, de aplicação a situações novas” (MOREIRA, 2010, p.3).

1.4 DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA

Ausubel apresenta dois princípios fundamentais em sua teoria: o de *diferenciação progressiva* e o de *reconciliação integradora*. Estes serviram de suporte para a elaboração das atividades elaboradas e aplicadas na intervenção pedagógica.

O conceito de diferenciação progressiva afirma que as ideias mais gerais e inclusivas do conteúdo de ensino devem ser apresentadas no início da instrução e, progressivamente diferenciadas, salientando seus detalhes e especificidades. À medida que essas ideias vão sendo retomadas é favorecido o processo da diferenciação progressiva (MOREIRA, 2006, p.5). Logo, nesse processo os novos conceitos vão sendo adquiridos pelas sucessivas utilizações do subsunçor, este que vai se tornando cada vez mais elaborado, diferenciado e assim sendo capaz de dar significados aos novos conhecimentos.

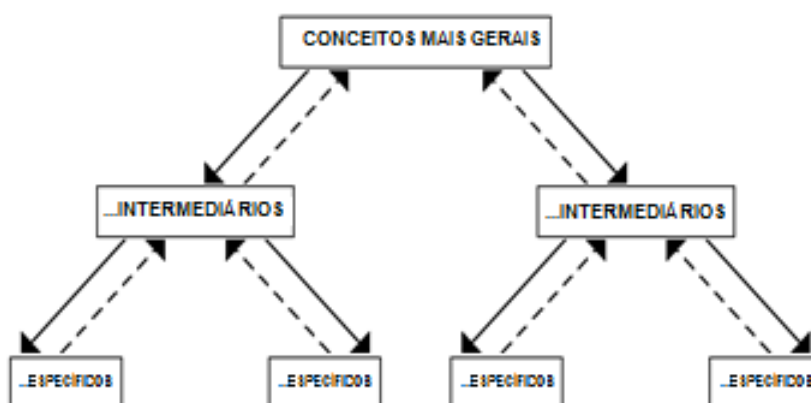
A reconciliação integrativa ocorre à medida que os novos conceitos são assimilados e os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo são reorganizados e adquirem novos significados (MOREIRA, 2006, p.37). Nesse processo, o aluno será capaz de identificar as diferenças, resolver incertezas e integrar os novos conhecimentos.

Em uma perspectiva ausubeliana, o aprendiz não é um receptor passivo. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou para poder captar os significados dos materiais

educativos. Ele vai aprender significativamente à medida que vai diferenciando progressivamente e reconciliando integrativamente os novos conhecimentos (MOREIRA, 2005, p.5). À medida que desses dois processos, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, vão ocorrendo, vai se modificando a estrutura cognitiva do aprendiz.

Moreira (2000) indica que esses dois processos deveriam ser usados como princípios programáticos da matéria de ensino, de modo que os conteúdos escolares seriam mapeados de maneira conceitual, de forma a identificar as ideias mais gerais e os conceitos chaves do que seria ensinado; isso facilitaria a ocorrência da aprendizagem significativa em âmbito escolar.

Figura 2: Esquema da Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa



Fonte: Adaptado de Moreira (2012, p.44)

1.5 CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria de Ausubel apresenta duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, estas que simultaneamente devem ser satisfeitas: i) o material deve ser potencialmente significativo, tendo uma estrutura lógica e relacionando de maneira não-arbitrária e não-literal, para ser assimilado à estrutura cognitiva do aprendiz; ii) o indivíduo deve manifestar uma disposição para relacionar o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva (Moreira, 2006, p.20) .

A primeira condição implica, segundo Moreira (2012, p.24) que os materiais de instrução utilizados para a aprendizagem tenham significado lógico para o indivíduo e que ele tenha em sua estrutura cognitiva conhecimentos prévios relevantes com os quais esse material possa ser relacionado.

A segunda condição implica que o indivíduo deve se predispor a fazer a articulação (diferenciando e integrando) entre os novos conhecimentos e os prévios, já existentes em sua

estrutura cognitiva, para que os mesmos possam ser modificados, enriquecidos, elaborados e significados pelo aprendiz.(op. cit., p.25). Agora, se a sua intenção for apenas de memorização, independentemente de quão potencialmente significativa sejam as novas informações, e o aprendiz não fizer esforço para relacionar os novos conceitos de maneira não-literal e não arbitrária às suas concepções prévias, a aprendizagem será somente mecânica (MOREIRA, CABALLERO y RODRIGUEZ , 2005, p.12).

Ausubel *apud* Moreira (2006, p.21) nos traz um exemplo pertinente utilizando a Física, pois trabalha com conceitos presentes em nosso trabalho:

Um estudante pode aprender a lei de Ohm, a qual indica que, num circuito, a corrente é diretamente proporcional à voltagem. Entretanto esta proposição não será aprendida de maneira significativa a menos que o estudante já tenha adquirido, previamente, os significados dos conceitos de corrente, voltagem, resistência, proporcionalidade direta e inversa (satisfeitas estas condições, a proposição é potencialmente significativa, pois seu significado lógico é evidente), a menos que tente relacionar estes significados como estão indicados na lei de Ohm.

1.6 EVIDÊNCIAS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A compreensão de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis, e para isso a melhor maneira é apresentar ao indivíduo questões e problemas de maneira nova e não familiar, que exija a máxima transformação do conhecimento adquirido (AUSUBEL *apud* MOREIRA, 2006). Ainda, segundo o autor da teoria, propor solução de problemas é muitas vezes, a única maneira de avaliar se os alunos realmente compreenderam significativamente as ideias que são capazes de verbalizar (*op.cit.*,p.28).

Em um modelo de aprendizagem significativa crítica, o ensino deve ser centrado no aluno, que além de ter uma relação de professor-aluno, ocasiona também a interação aluno-aluno. As atividades são organizadas de modo em que os alunos resolvem colaborativamente, ou em pequenos grupos, e, além disso, devem fazer sentido ou ser relevantes para os alunos. O resultado final deve ser apresentado ao grande grupo. Acontece então, um momento, indispensável, alunos dos pequenos grupos são questionados pelos demais colegas, e o professor surge como mediador dessa interação social que decorre dessa atividade (MOREIRA, 2010, p. 8).

No presente trabalho, a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel foi levada em consideração para a concepção de instrumentos de levantamento do conhecimento prévio (tes-

te e questões conceituais) e as atividades foram desenvolvidas a partir das concepções dos estudantes acerca da temática estudada (circuitos elétricos).

Na construção do material instrucional, estabelecemos momentos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, apresentando inicialmente o conteúdo em maior nível de abstração e no decorrer da intervenção pedagógica detalhando as especificidades de cada conceito. A todo o momento foram retomados os conceitos aprendidos, de forma que as atividades experimentais resgatem o estudo que foi desenvolvido nos textos de introdução teórica e simulação computacional referente às grandezas físicas e às relações presentes entre as mesmas em um circuito elétrico.

Para avaliar os resultados, foram buscadas evidências de aprendizagem significativa, apresentando aos estudantes questões e problemas de maneira nova e não familiar, que exigiram o entendimento dos objetivos de aprendizagem propostos (seção 3.1.3). Quanto a análise sobre as condições para ocorrência da aprendizagem significativa, procuramos analisar se o material foi potencialmente significativo ao ponto que os novos conceitos tenham interagido com os conhecimentos prévios, de forma que os alunos tenham conseguido modificá-los e enriquecê-los.

2 ESTUDOS RELACIONADOS

A Física é muito temida pelos alunos, antes mesmo do ingresso dos mesmos no Ensino Médio. Seus anseios e aversões começam nas séries finais do Ensino Fundamental, especificamente no 9º ano, quando os mesmos tem seu primeiro contato com essa área de conhecimento, como parte do currículo de Ciências. Poderia apontar - simplesmente por experiência profissional de mais de 14 anos de magistério - que um dos fatores é que são trabalhados superficialmente alguns conteúdos da Física, pois a carga horária do componente curricular de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental é dividida, devendo contemplar os conteúdos da Física e da Química. Dependendo da escola e do professor regente, seja por afinidade ou maior conhecimento em uma área, são priorizados conhecimentos ou da Física, ou da Química.

No ano de 2015, foram muito comentadas no Brasil questões referentes aos custos da energia elétrica. A população sentiu no bolso, sucessivos e amargos aumentos no valor da conta a pagar pelo uso da eletricidade e ainda, em algumas localidades brasileiras, houve falta de energia elétrica. Além dessas reflexões econômicas, muito se falou nas escolas de problemas referentes à produção de energia elétrica, custos, poluição e expectativas para o futuro. Diante desses argumentos, trabalhar com questões referentes ao tema “eletricidade” torna-se necessário uma vez que é atual e está presente nas rodas de conversas das famílias da maioria da população brasileira.

Segundo as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio (PCN) temos que:

[...] é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada. Ou seja, feitas as investigações, abstrações e generalizações potencializadas pelo saber da Física, em sua dimensão conceitual, o conhecimento volta-se novamente para os fenômenos significativos ou objetos tecnológicos de interesse, agora com um novo olhar, como o exercício de utilização do novo saber adquirido, em sua dimensão aplicada ou tecnológica. O saber assim adquirido reveste-se de uma universalidade maior que o âmbito dos problemas tratados, de tal forma que passa a ser instrumento para outras e diferentes investigações. (BRASIL, 2000, p. 23).

Assim, o tema Eletricidade destaca-se, segundo os trabalhos apresentados a seguir, como conteúdo que se faz presente na realidade do aluno e de grande potencial para uma aprendizagem significativa.

O primeiro trabalho a destacar é a pesquisa de Fernandes (2015) que apresenta uma sequência didática para o Ensino Médio Integrado sobre o tema Eletricidade.

No texto, o autor destaca que a maioria dos alunos possui dificuldades em relacionar o cotidiano com a simbologia utilizada na Física, assim como, refletir sobre as relações existentes entre as grandezas físicas envolvidas.

Em seu trabalho, o autor enfatiza que:

[...] torna-se importante pensar em atividades que promovam situações de aprendizagem, favorecendo a troca de experiências, pois o conhecimento não é construído de forma isolada, sendo fundamental que ocorra esta troca de ideias (FERNANDES, 2015, pg.28).

Nesta perspectiva, foram elaboradas atividades com simulações computacionais, experimentos com lâmpadas e projetos com o uso de uma placa microcontrolada Arduino, buscando relacionar os conceitos básicos e fundamentais de eletricidade, de forma a permitir que os estudantes os assimilassem significativamente ao invés de memorizar e utilizar fórmulas sem entender o porquê do seu uso.

O trabalho de Fernandes (idem) foi aplicada em uma turma do primeiro ano do Curso de Mecatrônica de um Instituto Federal do Rio Grande do Sul, no componente curricular de Eletricidade. O autor utilizou o referencial teórico de David Ausubel, que destaca a importância do conhecimento prévio para que ocorra uma aprendizagem significativa, e a teoria de desenvolvimento de Vygotsky, que destaca as atividades ocorridas na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como forma de desenvolvimento das funções psíquicas superiores.

Nessa mesma temática Barcellos (2014) desenvolveu um objeto virtual de aprendizagem, intitulado “Hipermissão aplicada ao ensino da Física”, objetivando oportunizar a interação em hipermissão, entre os estudantes e os conceitos de tensão, corrente, resistência, potência e energia elétricas, para que os mesmos construíssem um modelo mental adequado quanto à compreensão, relação e diferenciação dos conceitos citados. Segundo o autor:

[...] a contribuição prática desse projeto para a área- é não somente a criação do teste conceitual [...] mas principalmente a forma com que ele é apresentado ao estudante, possibilitando a interagir via hipermissão, com o material, de acordo com suas necessidades (BARCELLOS, 2014, pg.17).

As atividades foram desenvolvidas em aulas expositivas e dialogadas, aulas no laboratório de informática e estudos prolongados em casa, onde os alunos interagiram com o objeto de aprendizagem e aprofundaram seus conhecimentos referentes aos conceitos da Física citados.

O trabalho foi aplicado em uma turma do 5º semestre do Instituto Federal-Campus Bagé/RS na componente curricular de Física e adotou o referencial da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a epistemologia de Gaston Bachelard.

Outro trabalho relacionado trata-se da pesquisa de Dorneles (2005), que trabalhou com simulação e modelagem computacionais para o estudo de circuitos elétricos, buscando investigar as contribuições do uso dessa tecnologia como recurso instrucional na aprendizagem significativa de Eletricidade. A pesquisa apresentou diversos estudos que apontaram que os alunos tinham muitas dificuldades de aprendizagem na área, que vinham desde compreensão conceitual inadequada até raciocínios errôneos. Foram criadas atividades, complementares ao laboratório e sala de aula, visando melhores condições para os alunos questionarem e entenderem as relações existentes entre as grandezas físicas básicas de um circuito elétrico, através do uso de um modelo computacional. O *software* adotado foi o Modellus, pois segundo o autor “O Modellus possui uma interface gráfica intuitiva, o que facilita a interação dos alunos com os modelos em tempo real, permitindo, também, observar múltiplos experimentos (conceituais) experimentalmente” (DORNELES, 2005, p.11). O trabalho foi aplicado no ensino superior, com alunos de engenharias da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e utilizou a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel como referencial teórico.

Com o objetivo de aproximar os conteúdos trabalhados em aula com a realidade dos alunos Latosinski (2013) desenvolveu trabalho intitulado *Uma proposta inovadora para o ensino de temas estruturantes de física a partir de conceitos de Eletrodinâmica*. Segundo o autor:

A escola dos últimos tempos separou o ensino da realidade de vida dos alunos. O professor é um profissional de ensino atrelado à cartilha e ao livro didático, ao currículo e ao livro de chamada, às provas e aos trabalhos de recorte e colagem, com dificuldade para alcançar o significado e, conseqüentemente, a prática da formação para a cidadania, como deseja hoje a política educacional. (LATOSINSKI, 2013, p.13).

Para romper com a forma de ensinar mencionada, o trabalho foi referenciado pela teoria sócio-interacionista de Vygotsky e pela teoria dos momentos pedagógicos de Delizoicov e Angotti (1991). Os autores desenvolvem uma metodologia baseada em três etapas denominadas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. O

trabalho de Latosinski também apresenta elementos de uma abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade). Com a aplicação de um questionário sobre conceitos envolvendo circuitos elétricos, o autor procurou levantar os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema e definiu o tema estruturador para o trabalho: Equipamentos Elétricos e Telecomunicações. As aulas foram organizadas com apresentações multimídia (vídeos), aulas experimentais (desmontagem de um chuveiro, criação de circuitos elétricos com fios, lâmpadas incandescentes, soquetes) e simulações computacionais (simulador PHET), encaminhadas de tal forma que ao final do processo os alunos demonstrassem os conhecimentos adquiridos com a apresentação de um projeto elétrico residencial. A pesquisa foi aplicada no curso Técnico em Informática, do Campus de São Borja/RS, do Instituto Federal Farroupilha.

Por fim, destacamos o trabalho de Gastaldo e Oliveira (2009), do Centro Universitário Franciscano-Unifra-Santa Maria/RS. Os autores desenvolveram uma aplicação de hipermídia educacional com a utilização do feedback processual, uma ferramenta de controle que visa operar como facilitadora do processo ensino aprendizagem para o estudo de resistência elétrica e suas aplicações na área da Eletricidade. Os autores mencionam que:

Precisamos então apresentar aos alunos um ensino de física que promova um conhecimento contextualizado e plenamente integrado à vida do aluno. Para isto é conveniente que os alunos sejam instigados a perceber a física que cerca a sua realidade vivencial, observando fenômenos e objetos que fazem parte do seu dia-a-dia, visando despertar a curiosidade científica que remeta às indagações que os estimulem a encontrar suas respostas por meio dos conhecimentos e conceitos da física (GASTALDO e OLIVEIRA, 2009, p.3).

Segundo os autores, há inúmeros objetos virtuais de aprendizagem desenvolvidos para ganhos no processo de ensino aprendizagem, só que o produzido por eles apresenta um diferencial importante chamado “feedback processual”. Fazendo uso desse recurso, o professor tem a possibilidade de rastrear os caminhos percorridos pelo aluno durante a utilização do aplicativo, identificando as dificuldades encontradas ao longo do processo e a possibilidade de fazer as intervenções necessárias para garantir o aprendizado do estudante.

No aplicativo, o aluno poderá dirigir-se para aulas, leituras, avisos ou contato com o professor. Em um primeiro momento, as atividades explanam através de pequenos textos e vídeos informativos, o funcionamento de um chuveiro elétrico e o funcionamento de lâmpadas elétricas. São apresentadas questões que contextualizam as grandezas relacionadas com a resistência elétrica, tais como a intensidade da corrente elétrica, voltagem, potência elétrica e o consumo de energia.

O objetivo das questões é proporcionar ao aluno um espaço onde ele possa exteriorizar seus conceitos *subsunçores* para que posteriormente estes possam ser

retomados, tanto pelo próprio aluno como pelo professor, configurando-se esta ação como parte integrante do *feedback processual* (GASTALDO e OLIVEIRA, 2009, p.6).

No trabalho desenvolvido, em um segundo momento, os alunos devem aplicar o conhecimento adquirido, através do manuseio com simulações que permitem trabalhar com as grandezas físicas citadas.

Os autores destacam que o aplicativo poderá ser aperfeiçoado e os conceitos trabalhados mais profundamente. Salientam, ainda, as contribuições do instrumento elaborado como ferramenta educativa:

[...] não acreditamos que a utilização por si só deste aplicativo, será suficiente para que os alunos possam formalizar definitivamente o conceito de Resistência elétrica, nos seus aparatos cognitivos. Porém, focamos neste momento, nas contribuições didático-pedagógicas que a utilização do *feedback processual* como ferramenta de controle de navegação em aplicação da hipermídia educacional possa trazer para o trabalho do professor e principalmente para aprendizagem dos alunos (GASTALDO E OLIVEIRA, 2009, p.8).

A pesquisa apresentada nesta dissertação inclui parte de questões presentes nos trabalhos descritos à cima. Fernandes (2015) utilizou, em sua produção educacional, atividades com simulação computacional e experimentos com lâmpadas natalinas para construção de circuitos elétricos. Em nosso trabalho, aproveitamos as ideias das atividades de simulação computacional e adaptamos as nossas possibilidades e necessidades, assim como utilizamos atividades experimentais para construção de circuitos elétricos com lâmpadas e LEDs. Em nosso trabalho, foram exploradas as medições elétricas, em que através dos valores encontrados foram trabalhadas as características das grandezas físicas e as relações entre as mesmas. Assim como Barcellos (2014) promoveu situações em que os alunos puderam reconhecer, interpretar e compreender as relações existentes com os conceitos de diferença de potencial, corrente, resistência, potência e energia elétrica através da criação de um objeto virtual de aprendizagem, proporcionamos essas situações através do desenvolvimento de atividades contextualizadas e de práticas experimentais.

Da mesma forma que a pesquisa de Dorneles (2005) buscou investigar as contribuições do uso da tecnologia do software Modellus como recurso instrucional para aprendizagem significativa de Eletricidade, nosso trabalho utilizou tecnologia através da utilização de lâmpadas, fios, conectores, fontes de alimentação, aparelho multiteste e LEDs de alto brilho para averiguar tais contribuições.

Latosinski (2013) aplica um questionário para levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos e planejamento das atividades seguintes a serem desenvolvidas com base nes-

sas informações. Para finalizar o trabalho, os alunos constroem um projeto elétrico residencial para demonstrar os conhecimentos adquiridos. Da mesma forma, nosso trabalho investiga as concepções prévias dos estudantes acerca do tema circuitos elétricos com aplicação de um teste, para através dos dados coletados construir as atividades a serem desenvolvidas. Este mesmo teste foi usado como um dos instrumentos de avaliação.

O trabalho de Gastaldo e Oliveira (2009) enfoca o estudo de conceitos de eletricidade (resistência elétrica, corrente elétrica, voltagem, potência elétrica e o consumo de energia) através do uso de um aplicativo para promover um conhecimento contextualizado de forma que os estudantes identifiquem conceitos da Física em seu cotidiano. Uma das atividades de nossa produção educacional trabalha de forma contextualizada, na medida em que os alunos pesquisam os dados nominais nas etiquetas dos aparelhos elétricos de sua residência. Com essas informações foram explorados os conceitos físicos de potência elétrica e consumo de energia elétrica, através do cálculo do consumo de energia elétrica de uma residência, bem como comparando o resultado obtido com os que constam na conta de energia elétrica da residência dos estudantes. Com essa atividade, os alunos puderam identificar grandezas físicas em contextos do seu cotidiano.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa caracteriza-se como uma intervenção pedagógica de natureza quantitativa-qualitativa. Esse tipo de intervenção baseia-se nas seguintes características:

[...] são investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias nos processos de aprendizagem dos sujeitos que dela participam - e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências (DAMIANI et.al., 2013, p. 58).

A produção educacional resultante deste trabalho foi materializada através da construção de uma sequência didática para o estudo de Potência Elétrica, para ser desenvolvida nas aulas de Física do Ensino Médio Politécnico. O objetivo da sequência didática é promover a articulação entre teoria e prática, de forma que os alunos identifiquem as grandezas físicas presentes no seu cotidiano, contribuindo dessa forma para melhorias no processo de ensino aprendizagem.

A análise e validação da sequência didática foram feitas através de uma abordagem quantitativa-qualitativa. Segundo Moreira (2011, p.18), a abordagem quantitativa “procura estudar os fenômenos de interesse da pesquisa em educação geralmente através de estudos experimentais ou correlacionais, caracterizados, primordialmente, por medições objetivas e análises quantitativas”. Em relação à abordagem qualitativa o mesmo autor destaca que:

O interesse central dessa pesquisa está em uma *interpretação dos significados* atribuídos pelos sujeitos às suas ações em uma realidade socialmente construída, através de *observação participativa*, isto é, o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse. Os dados obtidos por meio dessa participação ativa são de *natureza qualitativa* e analisados de forma correspondente. As hipóteses são geradas durante o processo investigativo. O pesquisador busca universais concretos alcançados através do estudo profundo de casos particulares e da comparação desse caso com outros estudados também com grande profundidade. Através de uma *narrativa detalhada*, o pesquisador busca credibilidade para seus modelos interpretativos. (MOREIRA, 2011, p.76).

A seguir descrevemos a metodologia adotada na elaboração e construção da sequência didática, apresentando os objetivos, o contexto onde foi desenvolvida a intervenção pedagógica, materiais e recursos necessários para a aplicação dos módulos didáticos e os instrumentos de pesquisa utilizados.

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo geral

Elaborar, aplicar e avaliar uma intervenção pedagógica que contemple atividades que sejam articuladoras entre teoria e prática, voltadas para a aprendizagem de conceitos de circuitos elétricos, centrada nos estudos sobre os conceitos de potência e energia elétrica, para alunos do Ensino Médio Politécnico, utilizando textos de introdução teórica, simulações computacionais, atividades experimentais e contextualizadas.

3.1.2 Objetivos de ensino

1. Construir uma sequência didática que promova a aprendizagem de conceitos científicos de Potência e Energia Elétrica;
2. Identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de diferença de potencial, corrente, resistência e potência elétrica;
3. Aplicar situações problema introdutórias que levem em consideração os conhecimentos prévios;
4. Promover situações em que os alunos possam reconhecer, interpretar e compreender as relações existentes entre os conceitos físicos envolvidos nos circuitos elétricos e o cotidiano;
5. Avaliar a aprendizagem ao longo do processo, observando aspectos como participação, envolvimento em trabalhos em grupo ou individuais e atividades que evidenciem assimilação de significados.

3.1.3 Objetivos de aprendizagem

A intervenção pedagógica buscará promover a aprendizagem relacionada à associação de resistores em série de modo que o aluno compreenda que:

1. a intensidade da corrente que circula pelos componentes do circuito é a mesma;
2. a resistência equivalente do circuito aumenta quando mais resistores são associados em série;
3. a soma das diferenças de potencial entre as extremidades dos resistores é igual à diferença de potencial aplicada entre os extremos da fonte;
4. a diferença de potencial em um resistor é proporcional à intensidade da corrente elétrica e a resistência elétrica;

5. é necessário tratar o circuito como um sistema²;
6. a potência elétrica é diretamente proporcional ao produto da diferença de potencial pela intensidade da corrente elétrica;
7. o consumo de energia elétrica é diretamente proporcional à potência elétrica do aparelho pelo tempo de uso.

3.2 LOCAL DE APLICAÇÃO E ESTUDANTES ENVOLVIDOS NA PESQUISA

A sequência didática proposta foi implementada na Escola Estadual de Ensino Médio Luiz Maria Ferraz- Ciep, localizada na Av. São Judas da cidade de Bagé, RS. A escola (Figura 3) atende mais de 900 alunos oriundos da zona leste da cidade, desde o Ensino Fundamental, em turno integral, ao Ensino Médio Politécnico, nos turnos da manhã, tarde e noite.

O Ensino Fundamental anos finais é oferecido nos turnos da manhã e tarde, e as séries iniciais, no turno da tarde. O Ensino Médio é ofertado nos turnos da manhã e noite. Convém salientar que, no ano de 2016, a escola realizou reformulações no seu currículo, passando a funcionar na modalidade de turno integral, atendendo mais de 120 alunos do 1º ao 5º ano que frequentam a escola das 8:00 h às 17:30 h. Os alunos do turno integral, no turno da manhã contam com acompanhamento pedagógico, e as componentes curriculares de: Saúde e Alimentação, Tecnologias Educacionais, Leitura e Produção Textual, Teatro, Música e Dança, Educação em Direitos Humanos, Experiências Matemáticas, Meio Ambiente, Iniciação ao Esporte, Arte. No turno da tarde, é oferecido aos alunos do turno integral o ensino globalizado.

Os alunos do Ensino Médio, dos turnos manhã e noite, são oriundos do Ensino Fundamental da escola, e também de escolas municipais dos bairros próximos, estas de ensino regular ou supletivo.

Atualmente são projetos atuantes na escola, a Banda Marcial, onde estão inseridos alunos dos diferentes níveis de ensino e ainda, o Grêmio Estudantil, a agremiação de estudantes é composta por membros do Ensino Fundamental séries finais e do Ensino Médio.

²De acordo com Dorneles (2005) é necessário tratar um circuito como um sistema, pois uma alteração em qualquer parte do circuito provoca simultaneamente alterações ao longo de todos componentes do circuito.

Destacamos ainda que, nos dias de hoje, a escola conta com o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid), nas componentes curriculares de Português e Espanhol.

Figura 3: Fachada principal e pátio central da E.E.E.M. Luiz Maria Ferraz – Bagé/RS



Fonte: Acervo da autora

Participaram da aplicação da intervenção pedagógica 19 alunos de uma turma de 3º ano do Ensino Médio Politécnico do turno da manhã. Os estudantes possuíam idade de 16 a 19 anos. Destacamos que durante as atividades participaram em média 18 alunos, sendo que no nono encontro recebemos uma aluna oriunda do turno da noite da escola e no 14º encontro uma aluna da turma participante foi transferida de escola.

3.3 DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS DIDÁTICOS: PROPOSTA E OBJETIVOS

As atividades da sequência didática partiram de conceitos gerais e inclusivos do conteúdo de circuitos elétricos e no decorrer da proposta, trabalhamos as especificidades de cada conceito, propiciando uma *diferenciação progressiva*. Durante a aplicação da intervenção pedagógica a todo o momento foram retomados os novos conhecimentos, propiciando uma *reconciliação integrativa*, conforme a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2000).

A intervenção pedagógica foi dividida em quatro módulos de ensino, sendo necessário para sua aplicação 24 encontros que totalizaram 38 h/a (hora-aula). Convém salientar que 1 h/a (hora-aula) corresponde ao intervalo de tempo de 50 minutos e que aconteceram encontros com 2 h/a e outros com 1 h/a. Apresentamos no Quadro 1 uma breve descrição sobre os módulos de ensino e as atividades realizadas.

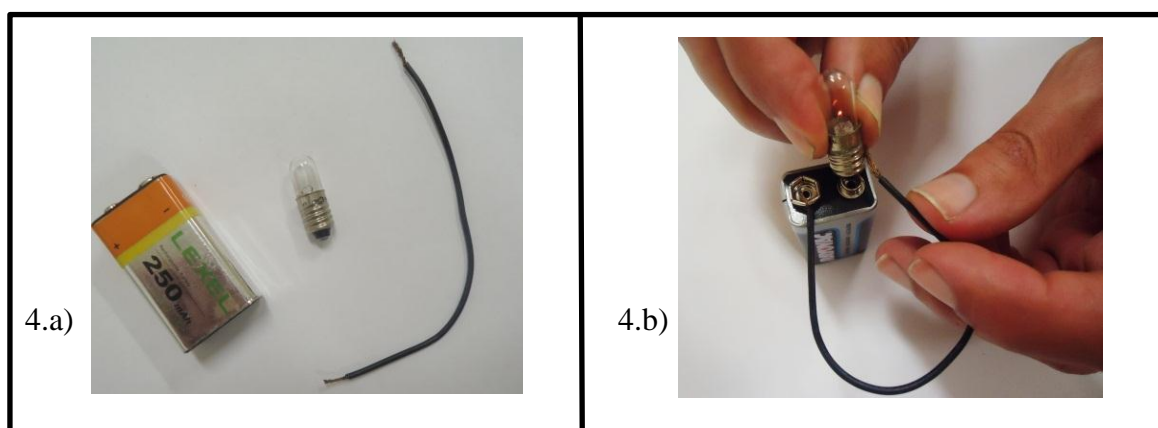
Quadro 1: Relação de atividades por módulo de ensino

MÓDULO	ATIVIDADE	ENCONTROS
MÓDULO I: Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.	1.1. Aplicação do pré-teste (Apêndice B). 1.2. Atividade experimental sobre o conceito de circuito fechado.	1
MÓDULO II: Aulas expositivas dialogadas com explanação de conceitos, leitura de textos, utilizando quadro branco, data show, simuladores (PHET) e atividades práticas (construção de circuitos elétricos simples com associação em série).	2.1. Introdução teórica sobre circuitos elétricos (Apêndice C). 2.2. Simulação Computacional (Apêndice D). 2.3. Atividades Experimentais. (Apêndice E).	2 a 13
MÓDULO III: Apresentação de novas situações envolvendo o conceito de potência e consumo de energia elétrica com utilização de texto de introdução teórica e atividades experimentais (construção de circuitos elétricos simples com lâmpadas incandescentes e/ou LEDs – <i>Light Emitting Diode</i> /Diodo Emissor de Luz).	3.1. Introdução teórica sobre o conceito de potência elétrica e consumo de energia elétrica (Apêndice F). 3.2. Atividades Experimentais (Apêndice G)	14 a 19
MÓDULO IV: Avaliação (aplicação do pós-teste) e atividades contextualizadas.	4.1. Aplicação do pós-teste (Apêndice B) 4.2. Atividades contextualizadas (Apêndice H)	20 a 24

Fonte: Autora

O Módulo I foi aplicado em um encontro com duração de 2 h/a . Nesse momento, foi aplicado o pré-teste (Apêndice B) com 26 questões de múltipla escolha, respondido individualmente pelos alunos, sobre circuitos elétricos. Mais detalhes do teste e de sua validação serão descritos na seção 3.4. Após a conclusão do teste, os alunos participaram de uma atividade experimental no qual foi abordado o conceito de circuito elétrico fechado. Nessa atividade, os alunos foram divididos em grupos de três componentes. Cada grupo recebeu os seguintes materiais: um fio, uma bateria de 9 V e uma lâmpada de 9 V (Figura 4.a). O objetivo da atividade era acender a lâmpada apenas com os materiais disponibilizados, conforme ilustrado na Figura 4.b.

Figura 4 : Materiais utilizados na atividade inicial



Fonte: Acervo da Autora

O Módulo II foi executado em 12 encontros (19 h/a). Nesse módulo, trabalhamos primeiramente um texto de introdução teórica (Apêndice C) para dar início ao estudo dos circuitos elétricos. Com este texto, trabalhamos os conceitos apresentados e resolvemos os exercícios propostos. Na sequência os estudantes trabalharam com cinco guias de atividades de simulação computacional (Apêndice D), no qual em cada guia foi explorado um objetivo de aprendizagem (1, 2, 3, 4 e 5), descritos nesse capítulo (seção 3.1.3). Nessas atividades os estudantes utilizaram o simulador PHET³, no qual era possível construir virtualmente circuitos elétricos utilizando baterias, fios elétricos e lâmpadas incandescentes; utilizar aparelhos, como voltímetros e amperímetros, para realizar medições elétricas. Através da manipulação dos valores das grandezas físicas envolvidas, os estudantes foram capazes de observar o comportamento desses componentes e demais elementos do circuito, assim como estabelecer relações entre as grandezas envolvidas.

Após as atividades de simulação computacional, foram trabalhadas atividades experimentais (Apêndice E), as quais exploraram novamente os objetivos de aprendizagem citados anteriormente. Para realizar essas atividades, utilizamos o Kit Experimental, de nossa autoria (Apêndice I), composto de régua de contatos, extensão com vários conectores separados por uma distância de aproximadamente 2 m, pequenos pedaços de fios elétricos com pontas desencapadas, lâmpadas incandescentes de diversos modelos (6 V, 9 V e 12 V) e aparelho multitest. Com esses materiais, os estudantes montavam circuitos elétricos, realizavam medições da *intensidade da corrente elétrica*, *diferença de potencial* e, *resistência elétrica*, assim

³ Simulação do Grupo PHET da Universidade do Colorado (EUA). Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac. Utilizando a simulação: Kit de Construção de Circuito (AC+DC). Acesso em: 24 de setembro de 2016.

como trocavam os modelos de lâmpadas nas mais diferentes situações, realizavam novas medições e observavam o comportamento das grandezas citadas e demais elementos do circuito.

O Quadro 2 apresenta os objetivos de aprendizagem, as atividades desenvolvidas neste módulo e o número de horas/aula por atividade.

Quadro 2: Descrição dos objetivos de aprendizagem e atividades do Módulo II

Objetivos de aprendizagem	Descrição da atividade	Número de hora/aula
Os alunos deverão compreender que em uma associação de resistores em série:		
a) a intensidade da corrente que circula pelos componentes do circuito é a mesma (Atividades do Guia 1 do Apêndice D e Atividade nº 1 do Apêndice E);	Discussão do conteúdo através do estudo de texto de introdução teórica com exemplos de aplicação e exercícios de fixação.	4
b) a resistência equivalente do circuito aumenta quando mais um resistor é associado em série (Atividades do Guia 2 do Apêndice D e Atividade nº 2 do Apêndice E);		
c) a soma das diferenças de potencial entre as extremidades dos resistores é igual à diferença de potencial aplicada entre os extremos da fonte (Atividades do Guia 3 do Apêndice D e Atividade nº 3 do Apêndice E);	Desenvolvimento de cinco guias de atividades de simulação computacional .	6
d) a diferença de potencial em um resistor é proporcional à intensidade da corrente elétrica e a resistência elétrica (Atividades do Guia 4 do Apêndice D e Atividade nº 4 do Apêndice E);	Construção de circuitos elétricos através do desenvolvimento de atividades experimentais .	9
e) é necessário tratar o circuito como um sistema (Atividades do Guia 5 do Apêndice D e Atividade nº 5 do Apêndice E).		
	Total de horas/aula	19

Fonte: Autora

O Módulo III contemplou seis encontros (9 h/a). Nesta parte do trabalho, utilizamos um texto de introdução teórica sobre potência elétrica e consumo de energia elétrica (Apêndice F) que foi articulado com atividades experimentais (Apêndice E). Para execução dessas atividades foi utilizado o Kit Experimental (Apêndice I) e com os materiais disponíveis os alunos realizaram as medições da *intensidade da corrente elétrica* e *diferença de potencial* do circuito elétrico. Ainda, foram utilizadas as medidas encontradas e aplicadas na equação matemática $P = V \cdot i$ para calcular a potência elétrica de lâmpadas incandescentes e a de LEDs de alto brilho, assim como determinar o valor da energia elétrica consumida por esses elementos após determinado tempo de uso. Foi possível também, comparar a potência e o consumo de energia elétrica de lâmpadas incandescentes com a de LEDs de alto brilho.

O Quadro 3 apresenta os objetivos de aprendizagem, as atividades desenvolvidas neste módulo e o número de horas/aula por atividade.

Quadro 3: Descrição dos objetivos de aprendizagem e atividades do Módulo III

Objetivos de aprendizagem Os alunos deverão compreender que em uma associação de resistores em série:	Descrição da atividade	Número de hora/aula
f) a potência elétrica é diretamente proporcional ao produto da diferença de potencial pela intensidade da corrente elétrica (Atividades do Apêndice G);	Discussão do conteúdo através do estudo de texto de introdução teórica sobre potência elétrica e consumo de energia elétrica com exemplos de aplicação e exercícios de fixação.	3
g) o consumo de energia elétrica é diretamente proporcional à potência elétrica do aparelho pelo tempo de uso (Atividades do Apêndice G).	Construção de circuitos elétricos através do desenvolvimento de atividades experimentais .	6
	Total de aulas	9

Fonte: Autora

Para desenvolvimento do Módulo IV, foram necessários cinco encontros (8 h/a). Neste módulo, retomamos os conceitos trabalhados com as atividades de simulação computacional e experimentais, através de debates em sala de aula. Neste módulo, foi aplicado o pós-teste (Apêndice B) usando um método de votação eletrônica, os Clickers (ARAUJO e MASUR, 2013). Nessa atividade os alunos receberam um controle remoto com número de identificação para votar em uma das alternativas de cada questão proposta pelo teste. As questões foram projetadas individualmente em *data show* e o aplicativo dos Clickers informava, após a votação encerrada de cada questão, os percentuais de alunos votantes por alternativa.

Após a aplicação do pós-teste foi trabalhada uma atividade contextualizada, em que os alunos pesquisaram previamente nas etiquetas dos aparelhos elétricos de sua residência, a potência elétrica de cada um. Em sala de aula, os estudantes estimaram o tempo de uso de cada aparelho e com os dados pesquisados da potência elétrica, calcularam o consumo de energia elétrica consumida de cada aparelho por tempo de uso e o total de sua residência. Ainda nesta atividade, foi observada a conta de energia elétrica da residência dos estudantes, comparando o consumo mensal apresentado na conta com o valor calculado na atividade. Neste momento os estudantes analisaram as diferenças encontradas entre os valores, lançaram hipóteses para as divergências e ainda, refletiram sobre possíveis ações para reduzir o consumo de energia elétrica de sua residência.

O Quadro 4 apresenta as atividades desenvolvidas neste módulo, os objetivos de aprendizagem e o número de horas/aula por atividade.

Quadro 4: Descrição dos objetivos de aprendizagem e atividades do Módulo IV

Objetivos de aprendizagem	Descrição da atividade	Número de hora/aula
Objetivos apresentados nos itens 1 ao 7 da seção 3.1.3. Demonstrar habilidades de argumentação, análise e reflexão, através da resolução de exercícios propostos.	Debate em sala de aula para retomada dos conceitos estudados	3
	Realização do pós-teste	2
	Resolução de atividade contextualizada utilizando dados nominais dos aparelhos elétricos da residência e conta de energia elétrica.	3
	Total de horas/aula	8

Fonte: Autora

Ao final das atividades de simulação computacional e experimentais, os alunos responderam a um questionário investigativo (Apêndice J) que teve como objetivo coletar informações sobre a opinião dos estudantes referente às facilidades e dificuldades encontradas na realização das atividades, compreensão dos conceitos e relações estabelecidas entre os mesmos. Os relatos e análises desses questionários serão detalhados na seção 5.3.

3.4 AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

A avaliação da intervenção pedagógica foi realizada durante 24 encontros (38 h/a), por meio dos seguintes instrumentos:

- *teste de conhecimentos*, aplicado no Módulo I (pré-teste) e ao final do Módulo III (pós-teste);
- *protocolos das atividades*, desenvolvidas pelos alunos nos guias de atividades experimentais (Apêndices E e G);
- relatos dos *questionários investigativos* (Apêndice J);
- observações da professora;
- filmagens de algumas aulas.

De acordo com Damiani *et al.* (2013) a avaliação da intervenção pedagógica tem como objetivo descrever os instrumentos de coleta e análise de dados utilizados para capturar os efeitos da intervenção, assim como analisar as mudanças observadas nos sujeitos participantes.

Na seção 4 apresentamos o detalhamento da intervenção pedagógica, no qual apontamos o encontro, número de hora-aula (s) definida (s), relato das atividades que foram desenvolvidas, observações identificadas no decorrer das aulas e registros das falas dos alunos.

Para a análise quantitativa (seção 5.1), foram utilizados os dados reunidos com o teste de conhecimentos (Apêndice B). O teste foi avaliado por três professores de Física do Campus Bagé, da Unipampa, os quais contribuíram com observações, que foram levadas em conta, para aperfeiçoamento do instrumento. O teste foi aplicado no Módulo I da Sequência Didática (pré-teste) e ao final do Módulo III (pós-teste) utilizando os Clickers (ARAUJO e MASUR, 2013). Os dados reunidos com a aplicação do pré e pós-teste foram comparados demonstrando o desempenho de cada estudante, a porcentagem de acertos por questão e a comparação das médias de acertos das questões por objetivos de aprendizagem. Além da comparação das médias gerais do pré e pós-teste, será demonstrado o nível de significância estatística, de acordo com o trabalho de SILVEIRA⁴.

Com o propósito de complementar a análise quantitativa também foi realizada uma análise qualitativa por objetivo de aprendizagem (seção 5.2). Para esta análise foram utilizados os dados reunidos com os protocolos das atividades preenchidas pelos alunos nos guias de atividades experimentais (Apêndices E e G). Salientamos que não apresentaremos neste trabalho a análise dos protocolos das atividades preenchidas com os guias de introdução teórica e atividades de simulação computacional, pois os objetivos de aprendizagem propostos com estes instrumentos foram retomados no trabalho com as atividades experimentais.

Na sequência da seção de análise, apresentaremos os relatos da avaliação dos estudantes sobre as atividades desenvolvidas (seção 6), em que os dados foram coletados nos questionários investigativos (Apêndice J), buscando identificar as facilidades e dificuldades encontradas durante o desenvolvimento das atividades, compreensão dos conceitos e relações estabelecidas entre os mesmos, sugestões e críticas ao trabalho desenvolvido.

⁴ Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf. Acesso em 04 de outubro de 2016.

Além dos instrumentos citados, foram levadas em consideração: as observações registradas pela professora durante a aplicação da intervenção pedagógica e notas apontadas durante análise de alguns dos vídeos de aulas que foram gravadas (6º, 13º, 18º e 21º encontros).

Apontamos que, foram observados as reações dos alunos diante das atividades propostas, da participação e do envolvimento dos mesmos no trabalho em grupo e a evolução no processo de aprendizagem.

Salientamos que a gravação das aulas são instrumentos valiosos para análise de dados, uma vez que é possível visualizar reações dos alunos e registrar falas, estas que não são percebidas no desenvolvimento da aula.

4 RELATO DOS ENCONTROS

Nessa seção, apresentamos o detalhamento das atividades, indicando o encontro, aula(s) e data em que ocorreram, assim como um relato do que aconteceu em todos os momentos da aplicação da intervenção pedagógica. Conforme mencionamos no texto (seção 3.3), para aplicação da intervenção pedagógica foram necessários 24 encontros (38 h/a). Convém salientar que 1 h/a (hora-aula) corresponde ao intervalo de tempo de 50 minutos e que aconteceram encontros com 2 h/a e outros com 1 h/a.

Segundo apresentado no texto (seção 3.2) participaram em média 18 alunos da turma, que nas atividades iniciais organizaram-se em seis grupos de trabalho, aqui identificados por: G1, G2, G3, G4, G5 e G6, para melhor entendimento dos dados. Cada grupo era composto por três alunos que identificaremos por: G1 (alunos: 5, 7, 8), G2 (alunos: 3, 10, 16), G3 (alunos: 6, 12, 17), G4 (alunos: 1, 2, 14), G5 (alunos: 11, 13, 15) e G6 (alunos: 4, 9, 18).

4.1. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

1º Encontro: aulas 1 e 2. Data: 06 de abril de 2016.

No primeiro encontro, trabalhamos as atividades referentes ao Módulo I. Começamos a aula apresentando aos alunos o projeto de pesquisa, informando sobre os objetivos propostos e esclarecendo quais atividades estavam previstas para as próximas aulas. Neste momento, foi entregue o termo de esclarecimento livre e consentido (Apêndice A) para ser enviado aos pais ou responsáveis, para que os mesmos autorizassem a participação daqueles que eram menores de idade. Salientamos que dos 18 alunos participantes da atividade inicial, dois estudantes eram maiores de idade e assinaram o termo de consentimento.

Na sequência, foi solicitado aos alunos que se distribuíssem em três filas, duas com seis alunos em cada e uma fila com cinco alunos, para aplicação do pré-teste (Apêndice B), sendo este resolvido individualmente.

A aplicação do pré-teste teve como objetivo reunir informações referentes aos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema circuitos elétricos. As questões contemplavam os conceitos de *resistência elétrica*, *intensidade da corrente*, *diferença de potencial*, *potência elétrica* e *consumo de energia elétrica*.

Após cerca de 50 minutos de aplicação do pré-teste, depois que todos já haviam terminado de respondê-lo, os mesmos foram recolhidos e foi solicitado aos alunos que se distribuíssem na sala, formando grupos com três componentes. O grupo G2 ficou com dois componentes, pois um estudante (aluno 16) estava ausente, conforme atestado médico apresentado na secretaria da escola.

Na sequência, foram entregues para cada grupo os seguintes materiais: um fio, uma bateria e uma lâmpada (Figura 4). Neste momento, foi proposta a seguinte atividade: “Com os materiais disponíveis, vocês devem fazer acender uma lâmpada”. A atividade tinha como objetivo identificar quais grupos compreenderiam o circuito elétrico como um todo e seriam capazes de fechá-lo de modo a oferecer um “caminho” para a corrente elétrica.

No início da atividade, os grupos tiveram dificuldades em atribuir tarefas aos componentes, como por exemplo, quem seguraria a lâmpada, ou a bateria e quem faria as ligações com o fio.

Após aproximadamente cinco minutos do início da atividade, o grupo G4 conseguiu fazer acender a lâmpada. As meninas ficaram radiantes com a realização da tarefa e pediram permissão para tirarem uma foto para ser postada nas redes sociais, pois segundo elas, pareciam “cientistas” realizando a tarefa.

Minutos após, outros quatro grupos conseguiram acender a lâmpada no circuito. Passados 15 minutos do início da atividade, apenas o grupo G1 não conseguiu realizar a tarefa e pediram ajuda para o grupo G4.

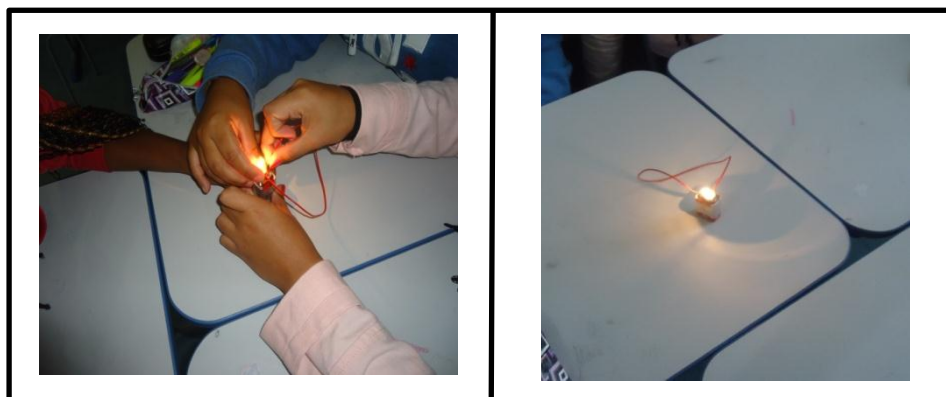
Durante o andamento do trabalho, o grupo G1 pediu para trocar a lâmpada e o fio, alegando que não estavam em condições de uso e por isso não conseguiam fazer a lâmpada acender. Trocaram o material com grupo G5. As alunas do grupo G5 novamente montaram o circuito, com facilidade. Diante disso, o grupo G1 concluiu que o material estava adequado e funcionando normalmente.

Na realização da proposta, identificamos que o grupo G1 apresentou dificuldades no início da execução da atividade prática; apontamos como motivo, o esquema montado para

realizar a tarefa, em que um dos componentes do grupo manipulava os materiais enquanto os outros dois estudantes ficavam observando, logo o discente não conseguia fazer as conexões adequadas. Quando orientados a trabalhar em equipe, em que os três componentes manipulavam os materiais ao mesmo tempo, realizaram a tarefa com facilidade.

A Figura 5 ilustra a realização da atividade pelos alunos.

Figura 5: Alunos construindo circuitos elétricos com fio, lâmpada e bateria



Fonte: Acervo da Autora

Finalizada a atividade, foram realizados questionamentos ao grande grupo:

- *Quem forneceu energia para a lâmpada?*
- *A lâmpada só acendeu quando o circuito estava aberto ou fechado?*
- *Quando conectamos o fio a bateria, o que está passando pelos fios?*

Diante das respostas dos alunos, foram anotados os seguintes conceitos no quadro branco: *diferença de potencial elétrico, intensidade da corrente elétrica e resistência elétrica.*

Para finalizar, ao combinarmos com os alunos que os conceitos seriam retomados na próxima aula, ficou acertado que começaríamos as atividades referentes ao Módulo II.

2º Encontro: aula: 3. Data: 07 de abril de 2016.

À medida que iam chegando à sala de aula, os alunos foram se organizando nos respectivos grupos de trabalho. Em um primeiro momento da aula, foram recolhidos os termos de consentimento livre e esclarecido e entregue o Texto com Introdução Teórica dos conceitos físicos presentes nos circuitos elétricos (Apêndice C), marcando o início das atividades do Módulo II.

O objetivo do texto introdutório sobre circuitos elétricos e associação de resistores em série foi de apresentar aos alunos as definições para os conceitos físicos de: *diferença de po-*

tencial, intensidade da corrente e resistência elétrica, de maneira que os estudantes identifiquem e relacionem esses conceitos com situações do seu cotidiano. Na leitura do texto, começamos destacando a presença da Eletrodinâmica no dia a dia, como por exemplo, no funcionamento de aparelhos elétricos, na distribuição da energia elétrica, entre outros.

Foram retomados os conceitos apresentados na última aula: *diferença de potencial elétrico, intensidade da corrente elétrica e resistência elétrica*. Esses conceitos foram sendo relacionados com os elementos do circuito elétrico montado na aula anterior, em que foram utilizados os seguintes materiais: uma bateria, um fio e uma lâmpada (Figura 4).

Quando questionados a respeito do conteúdo, alguns alunos respondiam as indagações facilmente e da forma esperada (alunos: 10, 11, 14, 18), demonstrando que conseguiram fazer as relações com o conteúdo trabalhado na aula anterior. Outros alunos, não se manifestaram (alunos: 2, 8, 13).

Ainda no texto, foram destacados os conceitos físicos e trabalhadas as definições de: *sentido da corrente elétrica e tipos de corrente elétrica*.

É importante destacar que os nomes das unidades de medida das grandezas foram retomados (volts, ampères, ohms), pois alguns alunos não estavam respondendo as perguntas corretamente devido a confusões realizadas, com as unidades de medida. Quando indagados sobre a intensidade da corrente elétrica, respondiam que seu valor era de 220 V ou ainda, quando questionados sobre a unidade de medida da diferença de potencial respondiam: “ohms”.

Para finalizar a aula, ficou combinado com os alunos que as sentenças matemáticas e exercícios de fixação seriam trabalhados na próxima aula.

3º Encontro: aulas 4 e 5. Data: 13 de abril de 2016.

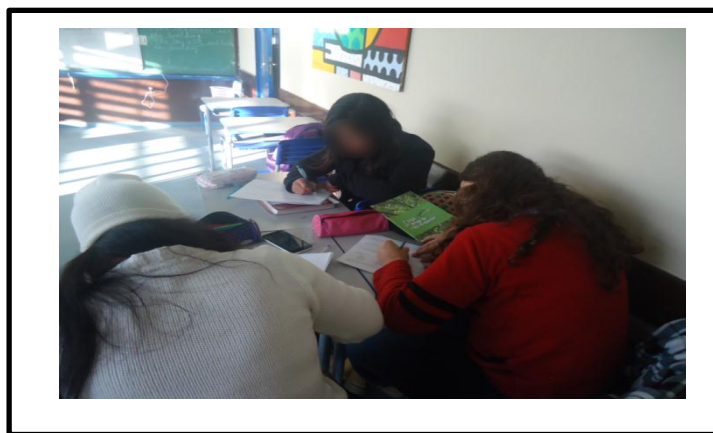
Neste encontro, a aula começou com a apresentação de um acadêmico do curso de Licenciatura em Física da Unipampa, campus Bagé, que veio - a pedido do orientador da pesquisa - trabalhar conosco na aplicação do projeto, atuando como monitor em algumas aulas.

Na sequência da aula, retomamos os conceitos trabalhados no texto no dia anterior e solicitei aos alunos que começassem a resolução dos exercícios propostos (Figura 6).

Nesta atividade de resolução de exercícios, foram propostas cinco questões com objetivo de aplicar a relação matemática $R = \frac{V}{i}$, em que os alunos deveriam identificar as grandezas presentes nas questões e usar a relação matemática para calcular o valor daquela que estava sendo solicitada.

Durante a resolução dos primeiros exercícios, os alunos pediam constantemente auxílio, pois estavam com dúvidas em relação às quais dados do exercício e unidades de medida deveriam utilizar. Com o término dos primeiros exercícios, ficaram mais confiantes e foram resolvendo sem pedir auxílio para começar a tarefa e conferir as informações.

Figura 6 : Alunos trabalhando em grupo resolvendo exercícios do texto com introdução teórica ao estudo de circuitos elétricos



Fonte: Acervo da Autora

Ficou combinado com os alunos que no próximo encontro seriam concluídos os exercícios do guia de atividades teóricas sobre circuitos elétricos e associação de resistores em série.

4º Encontro: aula 6. Data: 14 de abril de 2016.

Neste dia, os alunos mostraram-se bastante receptivos e dispostos a concluir o texto (Apêndice C) de atividades, pois segundo relatos, sentiram-se confiantes na resolução dos exercícios da aula anterior.

Começamos a aula, retomando os conceitos trabalhados no dia anterior, comentando das questões que foram propostas no texto e dúvidas que foram surgindo no decorrer dos exercícios. Ainda no texto, trabalhamos os conceitos científicos relativos à associação de resistores em série, em que a maioria da turma participou, fazendo perguntas em relação às características da associação, anotando observações que entendiam como pertinentes e perguntando se estavam corretas.

Os grupos de alunos resolveram as três questões propostas no texto, sendo que no momento de desenvolvimento, alguns ainda tinham dificuldades em relação à resolução das operações matemáticas envolvidas.

Das atividades analisadas, verificamos que os seis grupos resolveram os exercícios com facilidade. Apesar das dificuldades iniciais (citadas anteriormente), eles souberam identificar as grandezas físicas presentes no enunciado das questões e aplicar as características da associação de resistores em série, tais como: i) a intensidade da corrente da associação é igual a intensidade da corrente em cada resistor; ii) a resistência equivalente da associação é igual a soma das resistências de cada resistor; iii) a diferença de potencial elétrico da associação é igual a soma das diferenças de potencial de cada resistor. Os estudantes também souberam aplicar propriedades matemáticas adequadamente e chegar aos resultados previstos nas três questões propostas no texto.

5º Encontro: aula 7. Data: 17 de abril de 2016.

Esta aula não estava no calendário oficial da semana. Devido a acertos internos da escola, a professora de Matemática cedeu o horário para que acontecesse a aula de Física. Primeiramente, foram entregues as atividades resolvidas do Texto com Introdução Teórica dos conceitos físicos presentes nos circuitos elétricos (Apêndice C) com as correções aos alunos.

As alunas do grupo G6 ficaram decepcionadas com o resultado obtido, pois erraram as três primeiras questões do guia. Segundo elas, *foi distração e tolice*, pois erraram apenas propriedades matemáticas na resolução dos exercícios.

Outros grupos manifestaram entusiasmo diante dos resultados obtidos (G1, G2, G4).

As questões foram corrigidas no quadro branco. Foram anotados os erros mais frequentes realizados nas atividades da folha de exercícios e socializados com a turma, enfatizando as propriedades matemáticas de divisão de potências de mesma base e de notação científica.

6º Encontro: aulas 8 e 9. Data: 20 de abril de 2016.

Neste encontro, quando eu e o monitor chegamos à aula, nos chamou a atenção que os seis grupos estavam completos e devidamente organizados nos seus lugares.

Essa atitude nos remete as condições para a aprendizagem significativa de Ausubel, em que Moreira (2006) comenta que para sua ocorrência é necessário que o indivíduo manifeste predisposição para fazer a interação (diferenciando e integrando) os novos conhecimentos e os prévios, já existentes em sua estrutura cognitiva, para que os mesmos possam ser modificados, enriquecidos, elaborados e assim, dando significados a esses conhecimentos.

Primeiramente, distribuimos para cada grupo dois notebooks. Em cada notebook estava previamente instalado a atividade do simulador PHET: Kit de construção de circuito (AC+DC)⁵. Optamos por entregar dois notebooks por grupo, caso algum deles não ligasse ou estivesse lento ao carregar a atividade; assim como, se mais de um componente do grupo optasse por fazer também a atividade para desfazer dúvidas que surgissem ao longo do manuseio do simulador.

Foi informado aos alunos que nesta aula eles começariam a trabalhar com o simulador PHET e receberiam um guia de atividades a serem concluídas nesta e nas próximas aulas.

Na sequência da aula, foi feita uma apresentação em Power Point sobre o funcionamento do simulador, destacando aspectos da importância do mesmo para uso educacional, o porquê de ter sido escolhido para trabalhar nesta etapa do projeto e apresentados os principais recursos oferecidos pelo mesmo.

Durante a apresentação, os alunos ficaram “inseguros” com as informações que apresentei, demonstrando “desconforto” e “estranheza” à medida que iam assistindo a apresentação em slides.

Após a apresentação, foi entregue aos alunos o Guia 1 de atividades de simulação computacional (Apêndice D) referente ao objetivo 1 (seção 3.1.3). Imediatamente, os alunos se reuniram em grupos e começaram a trabalhar nas atividades propostas no guia e com o simulador.

No início, alguns grupos nos chamavam (eu e monitor), nos questionando: “*por que não estamos fazendo a lâmpada acender?*”, afirmando que todos os componentes do circuito elétrico estavam conectados. Houve casos também, do simulador não funcionar e os notebooks terem que ser reinicializados.

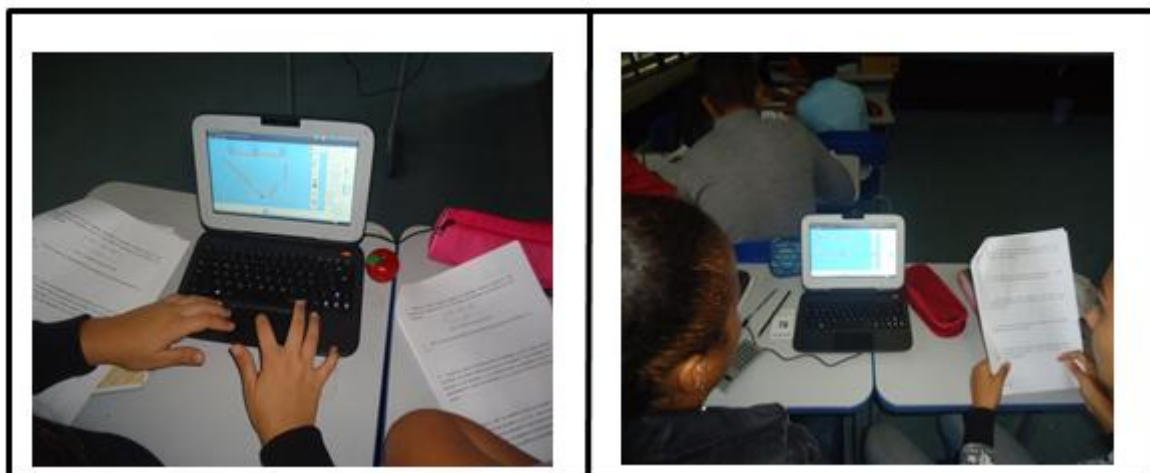
O grupo G5, teve facilidades em utilizar a interface do simulador e expressavam contentamento, sorrindo e batendo palmas, à medida que conseguiam fazer as tarefas propostas.

O grupo G1 respondia as questões e nos chamava para perguntar se o que estavam escrevendo estava correto.

A Figura 7 mostra os alunos usando o simulador PHET.

⁵ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac . Acesso em 04 out. 2016.

Figura 7- Alunos trabalhando com o simulador PHET



Fonte: Acervo da Autora

O Guia 1 (Apêndice D) continha duas atividades, sendo a primeira composta de oito questões e a segunda atividade composta de três questões. As onze questões tinham por objetivo contribuir para que os alunos compreendessem que a intensidade da corrente elétrica que circula pelos componentes, associados em série, do circuito é a mesma (objetivo 1 - seção 3.1.3).

Nesse conjunto de questões, os alunos deveriam, ainda, identificar que o aumento da resistência elétrica das lâmpadas acarreta a diminuição no valor da intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito e provoca a diminuição no brilho das lâmpadas. Também deveriam compreender que a diminuição da resistência elétrica das lâmpadas acarreta um aumento na intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito e consequentemente provoca maior intensidade no brilho nas lâmpadas.

7º encontro : aulas 10 e 11. Data: 27 de abril de 2016.

Neste encontro, os alunos já estavam organizados na sala de aula em grupos, aguardando o começo da aula. Eles se mostraram entusiasmados com o começo das atividades com o simulador PHET, fazendo comentários como, por exemplo: “*O programinha é legal*” (G5).

Foi combinado com a turma, que a partir daquele dia cada grupo teria seu ritmo de trabalho, e à medida que fosse terminando as atividades propostas receberiam novos guias.

Conforme os alunos realizavam as atividades, notamos que os grupos tinham ritmos diferentes para executar as tarefas. Alguns grupos (G1 e G4) tinham mais facilidade de utilizar o simulador e conseguiam realizar as atividades sem pedir auxílio. Durante andamento da

aula, fomos passando nos grupos, perguntando se tinham dúvidas e o que haviam concluído da atividade.

Neste encontro foi entregue aos grupos o Guia 2 de atividades de simulação computacional (Apêndice D), referente ao objetivo 2 (seção 3.1.3). Neste guia, composto de uma atividade com oito questões, os alunos deveriam identificar que à medida que a resistência equivalente do circuito elétrico aumentasse, diminuía o valor da intensidade da corrente elétrica e consequentemente o brilho das lâmpadas.

Os alunos estavam concentrados e dedicados a realizar suas tarefas e conseguiram finalizar a atividade. Após este momento, foi entregue o Guia 3 (Apêndice D), que contém atividades do objetivo 3 (seção 3.1.3). Este guia é composto de uma atividade com três questões.

Ao usar o simulador PHET, os grupos (G2, G3, G5, G6) tiveram dúvidas em como usar o voltímetro no circuito elétrico. Em um primeiro momento não souberam como realizar as medidas solicitadas. Foi feita uma intervenção com a utilização do quadro branco para explicar em que deveriam clicar para buscar o voltímetro no simulador e como deveriam proceder para usar o mesmo na realização da atividade.

Após a intervenção, os alunos concluíram que o aparelho de multiteste é de fácil manuseio e realizaram a atividade sem intercorrências, finalizando este guia no final da aula.

8 ° encontro : aula 12. Data: 28 de abril de 2016.

Aproveitando o entusiasmo e disposição dos alunos, combinamos com eles no início da aula, que fizessem um esforço para nos próximos dias concluir as atividades com o simulador PHET. Os estudantes prontamente acataram a sugestão e foram pedindo o notebook e um guia para dar prosseguimento às atividades. Foi entregue o Guia 4 de atividade de simulação computacional (Apêndice D) referente ao objetivo 4 (seção 3.1.3). Este guia era composto de uma atividade com sete questões.

Neste encontro, foi possível finalizar as questões propostas, sendo que alguns grupos (G2,G4,G5) começaram a fazer as atividades do Guia 5 (Apêndice D), que se refere ao objetivo 5 (seção 3.1.3). Ao final da aula, no momento de recolhimento dos materiais (notebooks e guias), a grande maioria dos alunos solicitou para seguir fazendo no próximo período as atividades, pois estavam entusiasmados e contentes com a aula. Explicamos que não seria possível, pois o horário pertencia a outro professor e não seria permitido.

9º encontro: aulas 13 e 14. Data: 04 de maio de 2016.

Neste encontro, os alunos estavam bem animados e prestativos. Foram chegando à sala de aula e pegando seu material de trabalho: notebooks e guias de atividades.

Nesta aula, se apresentou uma nova aluna, vinda do turno da noite, a qual foi convidada pelas meninas do grupo G6 (identificada como aluna 19) a trabalhar com elas. Foi explicado para a aluna a proposta de pesquisa do projeto que estava em andamento e entregue a ela, o termo de esclarecimento livre e consentido (Apêndice A).

Começamos no primeiro período da aula concluindo o Guia 5 de atividades de simulação computacional (Apêndice D) referente ao objetivo 5 (seção 3.1.3). Este guia era composto de três atividades, sendo a primeira e segunda compostas por três questões cada, e a terceira, por quatro questões.

No início das atividades, alguns grupos (G1, G3, G6) tiveram dificuldades de montar o circuito proposto no guia (ligação em paralelo), devido a necessidade de várias conexões. Os estudantes solicitaram várias vezes auxílio, com intuito de saber por que o circuito não estava “acendendo as lâmpadas”.

Após a finalização da última atividade do guia de simulação computacional, foi entregue um questionário investigativo sobre o PHET (Apêndice J) aos alunos. Os detalhes dos relatos desse questionário estarão descritos na seção 6.

Na sequência da aula, foi promovido um debate com o grande grupo, retomando os guias de atividades trabalhados, em que foram destacados os objetivos que estavam propostos em cada um. Foi solicitado aos alunos, que anotassem os conceitos físicos mais presentes nesse debate. No debate, identificamos no grande grupo, que alguns não conseguiram lembrar as perguntas presentes nos guias (alunos: 6, 8, 9, 12, 16), outros respondiam facilmente as questões problematizadas (alunos: 1, 3, 4, 7, 10, 11, 14, 15) e, poucos alunos, mais tímidos, não se pronunciavam (alunos: 2, 5, 8, 13, 19).

Muitos grupos demonstram diante das respostas dadas no debate (G1, G2, G4) que fizeram as relações entre os conceitos, conforme estava estabelecido na sequência de atividades.

Ficou combinado com o grande grupo, que na próxima aula, começaríamos as atividades experimentais. Muitos alunos demonstraram interesse e semblante de “curiosidade”. Um aluno do grupo G5 (aluno 11) comentou: *“Tô louco que chegue amanhã para começarmos a mexer com os circuitos de verdade”*.

10º encontro: aulas 15 e 16. Data: 05 de maio de 2016.

Neste encontro trabalhamos um período a mais de aula do que o previsto pelo horário usual devido a ajustes internos de carga horária.

Convém destacar que neste dia, contamos com a ajuda do orientador deste projeto de pesquisa, prof. Dr. Pedro Dorneles. Chegamos cerca de 15 minutos antes da abertura do portão da escola para os alunos, almejando arrumar a sala de aula, distribuir os materiais e fazer a montagem dos equipamentos.

Quando os alunos chegaram à sala, a mesma estava arrumada da seguinte maneira: dispusemos três grupos para cada lado da sala de aula, para uma melhor organização de espaço, conforme Figura 8. Os alunos mostraram-se surpresos com a distribuição dos lugares e timidamente foram se posicionando nos lugares disponíveis.

Figura 8: Distribuição dos grupos de trabalho na sala de aula



Fonte: Acervo da Autora

O prof. Pedro foi apresentado, justificando sua presença naquele dia em que os estudantes começariam a trabalhar com as atividades experimentais.

Na sequência, apresentamos aos alunos o Kit experimental (Apêndice I), composto de: uma fonte de alimentação, uma régua de contatos, fios elétricos com pontas desencapadas, lâmpadas incandescentes e um aparelho multíteste. A Figura 9 ilustra os materiais do Kit Experimental:

Figura 9: Materiais do Kit Experimental



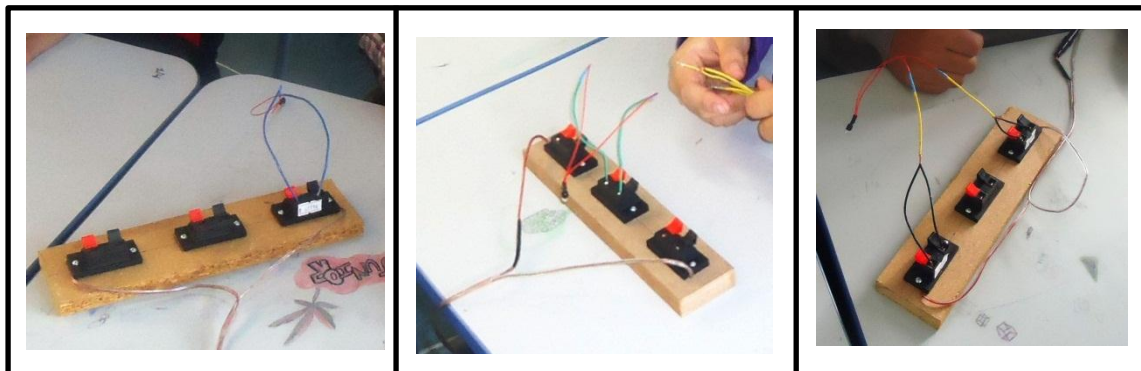
Fonte: Acervo da Autora

Foi explicado ao grande grupo o motivo pelo qual estávamos usando uma fonte de alimentação. Comentamos que as ideias iniciais – anteriores a aplicação do projeto - eram de utilizar baterias, mas que em nossos testes verificamos que as baterias estavam se descarregando muito rápido e não era possível manter uma diferença de potencial constante, e nesse sentido, muitos conceitos poderiam ser confundidos. Asseguramos aos estudantes que trabalharíamos com segurança utilizando os equipamentos elétricos disponíveis naquele momento, pois a fonte transformava 220 V em cerca de aproximadamente 3,5 V e a corrente elétrica estabelecida no circuito, naquele momento era muito pequena (menor que 500 mA). Vale salientar que foram utilizadas fusíveis de 250 mA para proteger os circuitos e os alunos.

Após a conversa inicial, foi proposto aos alunos o seguinte desafio: “acender uma lâmpada com os materiais disponíveis”.

Os grupos conseguiram vencer o desafio e apresentaram diferentes soluções para a questão apresentada. A Figura 10 ilustra os alunos construindo os circuitos elétricos:

Figura 10 : Montagem dos circuitos elétricos construídos pelos alunos para acender a lâmpada



Fonte: Acervo da Autora

Na sequência da aula, foi entregue aos grupos um Guia de Atividades Experimentais (Apêndice E), composto por cinco atividades divididas por objetivos de aprendizagem, cuja descrição é detalhada conforme a realização das mesmas.

Durante o andamento da aula, nos deparamos com alguns pequenos problemas nos aparelhos multiteste, pois faltaram cabos com pinos de ponta (pino “banana”) que eram conectados ao aparelho e tivemos que adaptar e usar cabos com ponta “jacaré”.

Nesta aula, foi finalizada a Atividade 1 do Guia Experimental (Apêndice E), composta por quatro questões. Esta atividade estava relacionada ao objetivo 1 (seção 3.1.3).

Os alunos tiveram facilidade em montar os circuitos elétricos seguindo as figuras ilustradas na atividade do Guia Experimental, porém tiveram dificuldades de seguir as orientações para utilizar o aparelho multiteste e nos pediram auxílio para verificar se estavam usando o aparelho adequadamente. Os grupos que estavam com os aparelhos multiteste com os cabos jacarés adaptados (G1 e G5), tiveram mais dificuldades para realizar as medições solicitadas.

Ao final da aula, foi feito o seguinte questionamento: *O que acharam da aula e das atividades propostas?*

Alguns alunos citaram que gostaram das atividades, acharam muito “legais”, até mesmo mais fácil do que as trabalhadas com o simulador PHET, conforme relataram: *Muito melhor do que com o computador!* (aluno 11).

11º encontro: aulas 17 e 18. Data: 11 de maio de 2016.

Neste dia, chegamos cedo à escola para arrumar a sala, organizando os materiais para a realização da aula. Como estava chovendo, os alunos começaram a entrar para a sala de aula mais cedo, pois o portão da escola estava aberto devido ao mau tempo.

Começamos a aula e então solicitamos aos alunos que verificassem as resistências das lâmpadas, conferindo os valores com o aparelho multíteste, pois tínhamos dois modelos disponíveis. Para diferenciá-las os alunos chamaram de lâmpada pequena e lâmpada grande.

Após a verificação da resistência das lâmpadas, foi entregue o guia de atividades experimentais (Apêndice E) para cada grupo de alunos, onde cada um destes, no seu ritmo de trabalho, prosseguia as atividades feitas na aula anterior. Os grupos mais familiarizados com os materiais faziam as medições, anotavam e refaziam a tarefa, para conferir se o procedimento estava correto.

A Figura 11 ilustra os alunos trabalhando com as atividades do Guia Experimental.

Figura 11: Alunos trabalhando com as atividades experimentais



Fonte: Acervo da Autora

Alguns grupos (G2, G4) nos pediam auxílio para verificar o porquê do valor da intensidade da corrente elétrica não estava se estabilizando, conforme a leitura visualizada no aparelho multíteste. Foi então que percebemos que os grupos haviam danificado um fusível, necessitando de troca imediata. Os estudantes foram comunicados o que ocorreu com os fusíveis e posteriormente, os mesmos foram substituídos pelo monitor.

Nesta aula, os grupos executaram a Atividade 2 do Guia Experimental (Apêndice E), composta por três questões referente ao objetivo 2 (seção 3.1.3). Nesta aula, os estudantes ainda finalizaram a Atividade 3 (Apêndice D) com três questões, estas referentes ao objetivo 3 (seção 3.1.3).

Ao finalizar o tempo previsto para a aula, ficou combinado com o grande grupo que nas próximas aulas eles tentariam finalizar as atividades do Guia Experimental. Acertamos que no próximo encontro iríamos fazer uma retomada dos conceitos trabalhados até este momento e que todos os estudantes iriam registrar apontamentos no caderno, em relação as definições das grandezas físicas e relações entre os mesmas.

12º encontro: aula 19. Data: 12 de maio de 2016.

Neste encontro, no começo da aula, foi pedido aos alunos que registrassem no caderno os aspectos relevantes do material que utilizamos: (textos de introdução teórica, simulação com PHET e atividades experimentais) com o objetivo de retomar os conceitos e relações entre as grandezas físicas estudadas até o presente momento. Neste momento foi estabelecido um debate na sala de aula, em que os alunos foram questionados sobre aspectos referentes à *diferença de potencial, intensidade da corrente e resistência elétrica*. Os alunos estavam bem receptivos e participativos, recordavam de alguns momentos trabalhados durante a aplicação da intervenção e, foi possível fazer uma sondagem do conteúdo para verificar se os objetivos de aprendizagem propostos foram alcançados ou não.

Os grupos recordaram das atividades trabalhadas em aulas anteriores, sendo que as relações mais citadas foram:

i) a intensidade da corrente do circuito é a mesma em todos os pontos do circuito (G1, G2, G3, G5);

ii) quanto maior o número de lâmpadas, maior a resistência elétrica e menor a intensidade da corrente elétrica (G1, G4, G5);

iii) a diferença de potencial elétrico se distribui entre as lâmpadas (G1, G2, G6).

Ao finalizar a aula, ocorreram momentos de reconciliação integrativa (AUSUBEL, 2000), em que retomamos os registros dos cadernos, resgatando os conceitos citados no debate, bem como as relações que os alunos estabeleceram entre eles.

13º encontro: aulas 20 e 21. Data: 18 de maio de 2016.

Neste encontro, chegamos cedo à escola e fomos para a sala de aula para organizar a disposição das classes e distribuir os materiais para os grupos.

Em torno das 08:10 h, após 25 minutos do horário de entrada da escola, uma professora foi até a sala de aula em que estávamos esperando a chegada dos alunos e avisou que havia um grupo de estudantes querendo ocupar a escola e não deixavam os outros colegas entrar no prédio. Os mesmos solicitavam a presença da diretora da escola para negociar.

Aguardamos uns 10 minutos e como os alunos não entraram para a sala de aula, fomos até a sala dos professores, onde a diretora fazia uma reunião informando a todos que havia negociado com os estudantes que estavam na chefia do movimento tentando ocupar a escola. Nesta negociação ficou acertado que seria permitido aos alunos do movimento entrar na escola, porém havia um grupo significativo que gostaria de ficar protestando no pátio da escola. Ainda informaram à direção da escola que não aconteceria vandalismo ou destruição no prédio, pois o movimento era pacífico e que os estudantes estavam a favor dos professores e funcionários da escola. Eles apenas gostariam de ocupar pacificamente, demonstrando com essa atitude de insatisfação a situação de abandono e falta de recursos das escolas públicas gaúchas.

Voltamos para a aula e neste momento, os alunos começaram a entrar para as salas. Em nossa aula chegaram 13 alunos, integrantes dos seis grupos, os quais chegaram aflitos devido à situação. Fomos informados pelos estudantes que estavam confusos, não sabiam se entravam para a escola ou ficavam apoiando os colegas e protestavam em frente ao prédio.

Os alunos que entraram para a sala conversaram conosco e nos disseram que foram assistir aula, pois acreditavam que se ela acontecesse iriam prejudicar a aplicação do projeto. Na verdade, eles gostariam de ir embora, pois estavam descontentes com as atuais condições da escola pública e descaso dos governos com a educação brasileira.

Depois dos desabafos dos alunos, resolvemos começar a trabalhar no Guia Experimental (Apêndice E), em torno das 08:40 h. Primeiramente distribuímos os materiais do Kit Experimental (Apêndice I) juntamente com o guia de atividades (Apêndice E).

Foi pedido a todos os grupos que usassem o aparelho multiteste na função ohmímetro para verificar a resistência das lâmpadas e assim recomençar a atividade em que haviam trabalhado na aula anterior.

O grupo G1 na realização de suas atividades danificou o fusível da extensão, sendo necessária sua substituição.

Os alunos montaram seus circuitos conforme solicitado no Guia Experimental e começaram as medições. Devido à situação ocorrida no começo da manhã, conversavam muito durante a realização das tarefas, alterando o ritmo e modo de trabalho que haviam estabelecido em aulas anteriores. Mesmo assim foi possível finalizar a Atividade 4 do Guia Experimental (Apêndice E) - composta de quatro questões - referente ao objetivo 4 (seção 3.1.3). Ainda neste encontro foi finalizada a Atividade 5 (composta de três questões) referente ao objetivo 5 (seção 3.1.3).

Dessa maneira os grupos terminaram as atividades propostas no Guia Experimental. Em função do término do tempo da aula, não foi possível refazer as medições para conferir se o procedimento executado estava correto, como haviam feito em aulas anteriores.

Comunicamos à turma que neste encontro, seriam encerradas as atividades previstas para o Módulo II do projeto, em que foram trabalhadas aulas expositivas e dialogadas com explanação de conceitos, simulação computacional e atividades experimentais.

Data: 19 de maio de 2016.

Neste dia não tivemos aula na escola, pois os estudantes fizeram um protesto denominado de movimento “ESCOLA OCUPADA”, fazendo cordão de isolamento, não deixando nenhum aluno entrar no prédio da escola e liberando o acesso apenas para professores e funcionários.

O movimento “ESCOLA OCUPADA”, no mês de maio de 2016, espalhou-se pelo país e principalmente no Rio Grande do Sul. Nesse período, houve mais de 150 escolas ocupadas por estudantes, que trancavam a entrada das escolas, não permitindo a passagem de alunos para dentro dos prédios. Consequentemente, não ocorriam aulas. Os estudantes que participavam do movimento protestavam para chamar a atenção dos governantes, reivindicando melhorias nas condições das escolas gaúchas; repasse de verbas para manutenção e merenda e ao não parcelamento do salário de professores e funcionários das escolas.

Figura 12: Imagem da frente da escola no dia da ocupação



Fonte: Acervo da Autora

Data: 25 de maio de 2016.

Neste dia não houve aula para a o Ensino Médio, pois os professores, equipe diretiva e comunidade escolar estavam reunidos em Conselho de Classe.

14º encontro: aulas 22 e 23. Data: 01 de junho de 2016.

Neste dia foram retomadas as atividades na escola com o horário normal.

A turma já na entrada mostrou-se feliz em retomar as atividades do projeto. A aluna do grupo G3 (aluna: 6) comentou que estava com saudades, pois as aulas estavam legais e ela estava aprendendo bastante.

Durante a realização da chamada, os estudantes informaram que uma colega (aluna 17) fora transferida de escola. Neste instante, os alunos propuseram que a aluna 19 fosse transferida para o grupo G3 para que todos os grupos ficassem com a mesma quantidade de componentes.

Na sequência da aula, começamos a aplicação das atividades referente ao Módulo III do projeto de pesquisa. Primeiramente recapitulamos os conceitos trabalhados anteriormente: *intensidade da corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica* e, também as características da associação em série de resistores. Dessa forma foram lembradas as relações estabelecidas entre os conceitos citados.

Após essa retomada de conteúdos já estudados, informamos aos alunos que iríamos trabalhar com um novo conceito: *potência elétrica* e associá-lo com os demais conceitos que eles haviam estudado até então. Neste momento, foi distribuído aos alunos o texto sobre conceitos introdutórios sobre *Potência e Consumo de Energia Elétrica* (Apêndice F). Exploramos as situações apresentadas no texto, fazendo as relações com as experiências vivenciadas no cotidiano pelos estudantes.

Notei que todos os estudantes reconheciam a unidade de medida de potência elétrica, o *Watts*, porém não identificavam a que grandeza física ele estava relacionado. No início da instrução confundiram-na com a diferença de potencial elétrico.

No texto, há atividades que orientam a verificar as etiquetas com os dados nominais dos aparelhos. Neste momento da aula, uma aluna do grupo G6 (aluna 4), pediu permissão para pegar seu celular e retirou a bateria para analisar a etiqueta do aparelho. Na sequência, a bateria foi passando entre as mãos dos colegas, para reconhecerem as semelhanças e apontar as diferenças com os conceitos apresentadas no texto.

A turma mostrou-se participativa e interessada no assunto, pois começaram a relatar a quantidade de energia elétrica consumida em suas residências, bem como os valores que pagavam para a companhia de energia elétrica da cidade.

Após uma aula expositiva e dialogada com explanação de conceitos, foi proposto à turma que começassem a resolver os exercícios do texto (Apêndice F) e que se organizassem nos seus grupos de trabalho.

Três grupos (G2, G4 e G5) se sentiram inseguros em retirar os dados da primeira questão proposta pelo texto e solicitavam auxílio antes de aplicar as relações matemáticas, para conferir se os dados estavam corretos. Na próxima atividade, sentiram confiança e assim como os demais grupos, só me pediram auxílio para conferir se a questão que haviam respondido estava correta.

15º encontro: aula 24. Data: 02 de junho de 2016.

No início da aula, retomamos o conteúdo discutido na aula anterior e exploramos no texto (Apêndice F) a classificação dos aparelhos elétricos resistivos, receptores (motores, mecânicos, informação ou telecomunicação). Os alunos solicitaram que fosse anotada, no quadro branco, uma lista de aparelhos (previamente pesquisados nas residências) conforme a classificação, à medida que discutiam em grande grupo.

Explorando a relação matemática sobre o consumo de energia elétrica ($E = P \cdot \Delta t$), perguntamos aos alunos em que situação um chuveiro gastaria mais energia elétrica: em uma cidade cuja diferença de potencial (ddp) seja de 110 V ou em outra cidade em que a ddp seja de 220 V. Os alunos ficaram divididos, uns responderam na cidade de 110 V, outros na de 220 V. Quando dissemos a eles que as grandezas determinantes nessa situação seriam a potência elétrica e o tempo de uso⁶, os alunos que responderam corretamente sorriram e

⁶ Neste caso, não levamos em consideração as perdas de energia nos fios condutores, pois ao longo do trabalho as resistências elétricas dos fios foram desprezadas.

demonstraram contentamento, como manifestado por um aluno do grupo G5 (aluno 11): - "*Tô sabendo!*" .

Já os alunos que responderam incorretamente a questão proposta ficaram pensativos. Uma aluna do grupo G6 (aluna 18) falou: *Se a rede influenciasse no consumo de energia elétrica, todas as pessoas se mudariam para uma cidade de 110 V.*

Os alunos aproveitaram a socialização para preencher a tabela do exercício 4 do texto (Apêndice F), com as informações que haviam pesquisado (conforme proposto no exercício), nas etiquetas dos dados nominais dos aparelhos que possuíam em casa.

16º encontro: aulas 25 e 26. Data: 08 de junho de 2016.

Neste encontro recebemos, novamente, a visita do orientador deste projeto.

No começo das atividades, aconteceram imprevistos que atrasaram alguns instantes a aula. Como as tomadas laterais da sala não estavam funcionando, optamos por buscar uma extensão para ligar as duas fontes de alimentação, pois após verificar todas as tomadas, identificamos que apenas uma estava funcionando em toda sala. Resolvido o problema, distribuimos o Kit experimental (Apêndice I) e o novo guia denominado Guia de Atividades Experimentais sobre Potência e Consumo de Energia Elétrica (Apêndice G).

No início das atividades, três grupos (G2, G5, G6) não recordavam como conectar os fios no aparelho multíteste. Também nos pediram auxílio para fazer medições, pois relataram que os procedimentos eram diferentes para medir a diferença de potencial elétrico e a intensidade da corrente elétrica. A pedido de dois grupos (G2 e G5), foram retomadas, com o grande grupo, as equações matemáticas sobre potência e consumo de energia elétrica, anotando no quadro branco.

Até o final da aula, os grupos terminaram as Atividades 1 e 2 do Guia Experimental (Apêndice G), composta de sete e três questões, respectivamente. As atividades estavam relacionadas aos objetivos de aprendizagem 6 e 7 listados na seção 3.1.3.

17º encontro: aula 27. Data: 09 de junho de 2016.

Neste encontro foram retomados os conceitos sobre *potência e consumo de energia elétrica* e os alunos relembrou as atividades experimentais da aula anterior.

Para esta aula, foi planejado o trabalho com o texto introdutório sobre os conceitos de *potência e consumo de energia elétrica* (Apêndice F).

Os alunos terminaram os exercícios 5 e 6 propostos do texto e através dos dados coletados nos exercícios, foram comentando que a potência elétrica do LED é menor que a potência elétrica da lâmpada, portanto deve consumir menor quantidade de energia elétrica.

Quando questionados em relação ao exercício 6, sobre a estimativa do consumo de energia elétrica, o grande grupo comentou que o aparelho de potência elétrica maior é o que consome a maior quantidade de energia elétrica. Neste momento duas alunas do grupo G6 (alunas 4 e 18) discordaram dos colegas e argumentaram que o tempo influencia neste cálculo; foi então, que as alunas sugeriram que fosse lembrado a equação matemática do cálculo do consumo de energia elétrica, $E = P \cdot \Delta t$, argumentando ao grande grupo que o consumo de energia elétrica depende também do tempo de uso. Identificamos que a maioria dos alunos ficaram convencidos da explicação das colegas. Antes do término da aula, combinamos que na próxima semana trabalharíamos com atividades experimentais.

18º encontro: aulas 28 e 29. Data: 15 de junho de 2016.

Neste dia, o orientador deste projeto visitou a turma pela terceira vez.

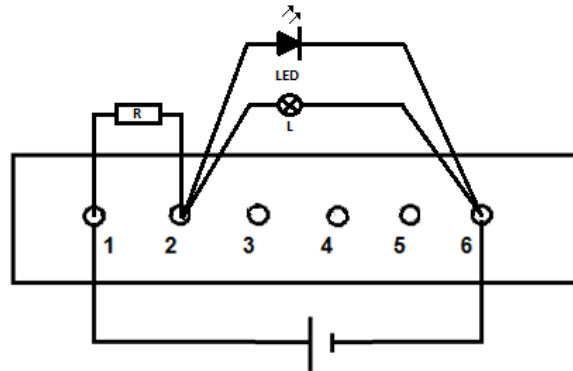
Os alunos estavam participativos, entusiasmados e ocupados com as atividades propostas com o Guia de Atividades Experimentais sobre Potência e Consumo de Energia Elétrica (Apêndice G), pois além de realizar as medições da diferença de potencial e da intensidade da corrente elétrica, deveriam desenvolver cálculos com equações matemáticas para identificar a potência elétrica da(s) lâmpada(s) (atividade 1 itens c, d, f).

Verificou-se que os grupos tiveram dificuldades para transformar a unidade de medida da intensidade da corrente elétrica de mA (miliampere) para A (ampere) (atividade 1 itens c, f), pois não recordavam o processo da transformação de potência para número decimal, nem como trabalhar com notação científica. Neste momento da aula, foram retomadas, no quadro branco, as regras matemáticas necessárias para resolução das atividades 1 e 2 do Guia Experimental (Apêndice G).

Para realizar a Atividade 3 do guia experimental (Apêndice G), propomos que os alunos montassem um circuito com uma lâmpada associada em paralelo com um LED para garantir a mesma diferença de potencial e assim comparar a potência elétrica e o consumo de cada componente. Para realização desta atividade foram necessárias intervenções para auxiliar os alunos na montagem do circuito elétrico, pois foram utilizados três aparelhos multiteste, um para medir a intensidade da corrente elétrica da lâmpada e outro a intensidade da corrente elétrica do LED, assim como um terceiro para medir a diferença de potencial do circuito.

Primeiramente deixamos os alunos montar o circuito elétrico sozinho, baseado-se apenas em uma figura de orientação oferecida no guia (Figura 13).

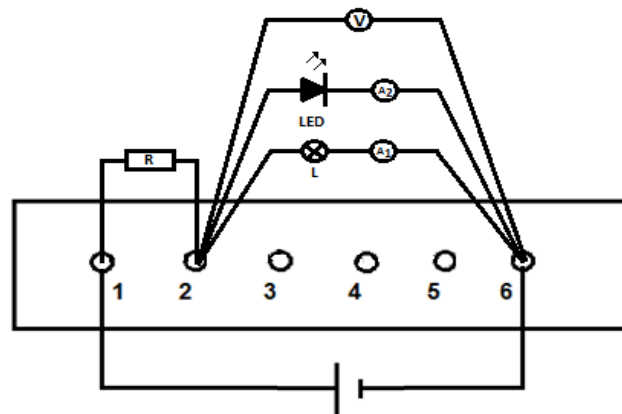
Figura 13 : Circuito elétrico montado com uma lâmpada e um LED



Fonte: Autora

Os grupos identificaram quais medições deviam fazer (diferença de potencial e intensidade de corrente elétrica), porém não conseguiam fazer as ligações (fios, lâmpada, LED e aparelhos multiteme) corretamente de forma a coletar as medidas necessárias. Segundo relatado pelos estudantes, a montagem ficou um pouco difícil, pois havia “ *muito fios que se cruzavam*”. Neste momento, foi fornecida uma figura com gabarito da atividade (Figura 14) para ajudar os estudantes na montagem do aparato. Com o gabarito em mãos, os alunos conseguiram montar o circuito elétrico solicitado.

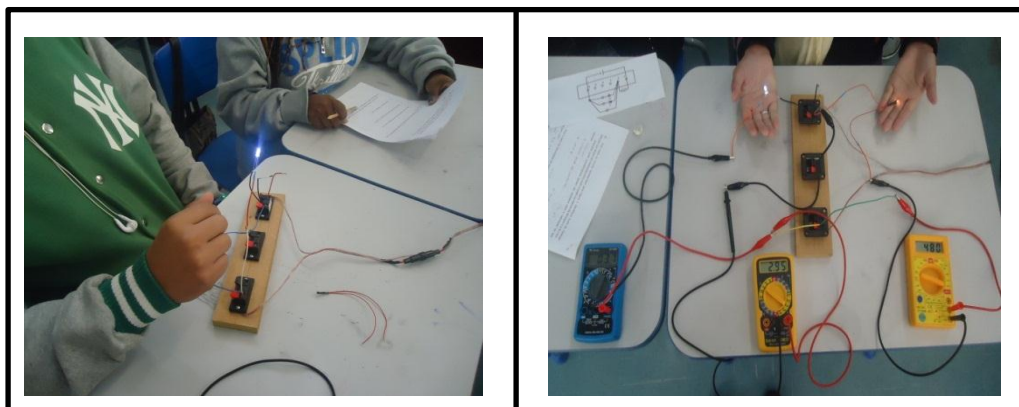
Figura 14: Gabarito das conexões do circuito elétrico montado com uma lâmpada e um LED



Fonte: Autora

Nesta aula, apenas os grupos (G1, G4, G6) conseguiram coletar as medidas necessárias para a resolução na Atividade 3 do Guia de Atividades Experimentais sobre Potência e Consumo de Energia Elétrica (Apêndice G); os outros grupos (G2, G3, G5) realizaram as medições na aula seguinte.

Figura 15: Execução da Atividade 3 do Guia de Atividades Experimentais sobre Potência



Fonte: Acervo da Autora

19 encontro: aula 30. Data: 16 de junho de 2016.

Neste dia, o orientador Dr. Pedro Dorneles do projeto nos visitou mais uma vez .

Nesta aula, os grupos (G1, G4, G6) que na aula anterior tinham realizado todas as medições, trabalharam com as atividades do guia, resolvendo equações para descobrir a potência elétrica da lâmpada e do LED, assim como comparar a energia elétrica consumida pelos dois.

Os grupos (G2, G3, G5) coletaram as medidas da intensidade da corrente elétrica da lâmpada e do LED, assim como a diferença de potencial do circuito.

Convém salientar que, primeiramente os grupos tiveram autonomia para montar o circuito elétrico segundo suas concepções, com apenas uma figura (Figura 13) para servir de orientação, esta que estava contemplada no Guia de Atividades Experimentais sobre Potência e Consumo de Energia Elétrica (Apêndice G). Convém destacar que não constavam dicas para conectar os três aparelhos multiteste para realizar as medidas da intensidade da corrente elétrica da lâmpada e a do LED, e também, a diferença de potencial elétrico do circuito mantida em tais componentes.

Os grupos (G2, G3, G5) também sentiram dificuldades na realização da atividade, solicitando nossa ajuda. Quando oferecido o gabarito (Figura 14) com indicação das conexões dos aparelhos multiteste, conseguiram entender com mais facilidade a montagem do circuito.

O grupo G5 recebeu orientação do professor e conseguiu montar seu circuito. Os outros grupos (G2, G3) precisaram de auxílio para a montagem.

Nesta aula, os alunos conseguiram desenvolver com mais autonomia e habilidades os cálculos matemáticos, não solicitando auxílio no decorrer do desenvolvimento da atividade. Apenas mostravam o cálculo matemático após concluírem as atividades.

Notamos que os estudantes apresentaram dificuldades no momento de fazer a transformação das unidades de medida de tempo, de transformar de horas para minutos (atividade 3 item f). Foram retomados os procedimentos para a resolução matemática da regra de três simples, usando o quadro branco para registrar. Posteriormente, os alunos se sentiram mais confiantes e terminaram os cálculos com facilidade.

Ao final da aula, foram feitos os seguintes questionamentos ao grande grupo:

- *Quem consome maior energia elétrica?*
- *Quem oferece uma luminosidade mais intensa, a lâmpada ou o LED?*
- *O que é mais vantajoso: comprar lâmpadas de LED ou incandescentes?*

Respondendo essas questões, a aluna 7 respondeu:

- *O LED é muito melhor que a lâmpada, gasta menos e ilumina mais.*

Os demais alunos concordaram com a colega.

Nesta aula foram finalizadas as atividades referentes ao Módulo III.

20º encontro: aulas 31 e 32. Data: 20 de junho de 2016.

Esta aula não estava no calendário oficial da semana. Devido a ajustes internos da escola, o horário foi cedido para a componente curricular de Física.

No começo da aula os alunos estavam sentados em círculo, e lhes foi informado que poderiam permanecer organizados dessa forma.

Foi combinado que seriam retomadas as atividades trabalhadas com o simulador PHET (Apêndice D) e com os materiais experimentais (Apêndices E e G), ou seja, seria feita uma revisão dos conteúdos trabalhados nas últimas semanas. Assim começaria o Módulo IV denominado de Avaliação da Aprendizagem.

O primeiro objetivo a ser revisto foi verificar se a intensidade da corrente que circula pelos componentes do circuito é a mesma (objetivo 1 da seção 3.1.3).

A maioria dos alunos comentou que o valor da intensidade da corrente elétrica é a mesma em qualquer componente do circuito.

Ao discutirmos uma questão em que estariam dispostas três lâmpadas associadas em série e uma delas danificar, os alunos 11 e 15 responderam imediatamente: “*As outras desligam*”. Neste momento, a aluna 19 fala em tom alto e de espanto: “*Por quê?*”. Os mesmos alunos citados anteriormente respondem: “*Porque não fecha o circuito, não passa corrente*”.

O segundo objetivo a ser recuperado foi constatar que em uma associação de resistores em série, a resistência equivalente do circuito aumenta quando mais um resistor é associado em série (objetivo 2 da seção 3.1.3).

O aluno 12 comentou que:

- A resistência elétrica do circuito vai diminuindo à medida que colocamos mais lâmpadas no circuito.

Quando interrogado do por que, respondeu:

- Será que foi por que a corrente diminui?

Ainda neste objetivo, quando o grande grupo discutiu sobre o brilho das lâmpadas em circuitos com uma ou duas dessas, a aluna 4 comentou:

- O brilho é maior no circuito com uma lâmpada só, porque a corrente vai só para ela.

A mesma aluna, conclui que:

- Quanto menor a quantidade de lâmpadas, maior vai ser a corrente elétrica.

O terceiro objetivo resgatado foi identificar que em uma associação de resistores em série, a soma das diferenças de potencial entre as extremidades dos resistores é igual à diferença de potencial aplicada entre os extremos da bateria (objetivo 3, da seção 3.1.3).

Ao simular uma situação (uma bateria de 9 V e duas lâmpadas idênticas associadas em série), foi perguntado aos alunos sobre o valor da diferença de potencial em cada lâmpada, a aluna 8 respondeu:

- Será a metade do valor, porque a ddp se divide para as lâmpadas.

E quando a turma foi questionada sobre a diferença de potencial no fio entre as lâmpadas, a aluna 7 falou:

- No fio não tem diferença de potencial.

O quarto objetivo a ser revisto a partir das atividades trabalhadas foi constatar que, em uma associação de resistores em série a diferença de potencial em um resistor é proporcional à intensidade da corrente e a resistência elétrica (objetivo 4 da seção 3.1.3).

Ao perguntar ao grande grupo como é a diferença de potencial em um circuito em série cujas lâmpadas possuem resistências iguais, a aluna 4 respondeu:

- São iguais, tem mesma resistência.

Diante da resposta, foi problematizada uma situação em que estariam dispostas lâmpadas com resistências diferentes associadas em série, com valores $R_1 > R_2$. Neste momento, foi notável que os alunos ficaram receosos em responder e então retomamos a equação $V = R \cdot i$, explicando como se comportaria a diferença de potencial nessa situação.

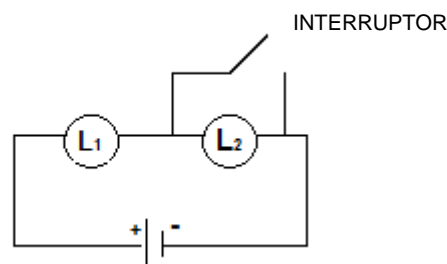
O quinto objetivo a ser retomado foi compreender que, em uma associação de resistores em série é necessário tratar o circuito como um sistema (objetivo 5, da seção 3.1.3). Relembrando as atividades trabalhadas com o PHET, em que foi utilizado o interruptor, a turma foi questionada em relação ao que eles lembravam da atividade em que utilizaram o simulador (guia 5, atividade 1, Apêndice D). Neste momento, alguns alunos (4 e 11) disseram que interruptor funcionava com a tecla de uma tomada. Logo, quando fechado o interruptor, as lâmpadas de um circuito brilhavam ao mesmo tempo. Neste momento, desenhei no quadro branco um circuito em série com duas lâmpadas (Figura 16) em que o interruptor estava ligado somente a uma lâmpada e questionei o que aconteceria se ele fosse fechado?. Os alunos 4, 7 e 15 responderam:

- Essa lâmpada se apaga e a outra lâmpada brilha mais.

Quando discutimos a questão e interoguei o porquê, os mesmos alunos responderam:

-A lâmpada brilha mais porque a corrente passa só pra ela.

Figura 16: Circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em série e um interruptor



Fonte: Autora

O sexto objetivo a ser revisado foi, verificar que em uma associação de resistores em série, a potência elétrica é diretamente proporcional ao produto da diferença de potencial pela corrente elétrica (objetivo 6 da seção 3.1.3).

Ao começar esta revisão foi retomada a equação matemática $P = V \cdot i$. Neste momento, foi discutido que, quanto maior a intensidade da corrente elétrica maior será a potência elétrica, assim como quanto maior a diferença de potencial, maior será o valor da potência elétrica.

Na sequência da aula, os alunos foram questionados sobre a potência elétrica de um circuito em série com duas lâmpadas comparada a de outro com três lâmpadas. Neste momento, os alunos não conseguiram responder qual circuito elétrico possuía uma potência elétrica maior. Em contrapartida, quando simulada uma situação em que comparavam aparelhos elétricos (de potências diferentes) ligados a uma mesma diferença de potencial, a maioria dos alunos respondeu que: *“os aparelhos que possuem maior potência elétrica são os maiores consumidores de energia elétrica”*.

Posteriormente, foi começada a revisão do sétimo objetivo de aprendizagem, em que os alunos deveriam identificar que o consumo de energia elétrica é diretamente proporcional à potência elétrica do aparelho multiplicada pelo tempo de uso (objetivo 7, da seção 3.1.3).

Ao perguntar aos alunos:

-Qual o aparelho elétrico que consome maior quantidade de energia elétrica: uma lâmpada ou um chuveiro elétrico?

A maioria dos estudantes respondeu instantaneamente: o chuveiro elétrico. Apenas as alunas 4 e 18 discordaram e disseram que:

-Qualquer um, pois depende do tempo que ficam ligados.

Neste momento foi encerrada a revisão de conteúdos, devido ao sinal sonoro que indicou que horário da aula havia terminado e então deveria ser feita a troca de professores. Posteriormente, os alunos foram comunicados que na próxima aula seria feita uma avaliação individual (pós-teste).

21º encontro: aulas 33 e 34. Data: 22 de junho de 2016.

Nesse dia, chegamos cerca de 15 minutos antes do horário de entrada dos alunos para anotar o ID (número de identificação) de cada controle remoto que seria distribuído aos alunos e fomos nos organizando para o começo das atividades, anotando o nome correspondente a cada aparelho, além de ligar o data show e deixar as classes arrumadas na sala de aula. Nesse encontro estavam presentes o monitor e uma colega do Mestrado em Ensino de Ciências, que vieram contribuir com a aula e ajudar na execução da avaliação. O monitor ficou responsável pela filmagem da aula e a colega pelo suporte técnico do programa, pois ela tinha conhecimentos do mesmo, devido a formações realizadas.

Para aplicação do pós-teste utilizamos os Clickers (ARAUJO & MASUR, 2013), uma tecnologia para votação eletrônica, em que cada aluno recebe um controle remoto para votar. As questões da avaliação são projetadas utilizando um data show, e o programa recebe os

dados de quem votou, assim como da alternativa escolhida. Após todos votarem, é aberta uma janela onde são informados os percentuais de acertos ou erros por questão.

Quando a turma chegou estávamos preparados com a montagem dos aparelhos. Esperamos alguns minutos para que todos os estudantes entrassem na sala. Neste dia compareceram a aula 16 alunos, sendo que alguns alunos nos informaram que dois colegas (alunos 15 e 18) não viriam à aula, pois estavam de atestado médico.

Convém destacar que, desses 16 alunos apenas serão avaliados os resultados de 14 estudantes, estes que fizeram o pré e o pós-teste. Relembrando que, a aluna 19 não fez o pré-teste, pois foi transferida do turno da noite para o turno da manhã no momento em que as atividades do projeto já estavam em andamento e o aluno 16 estava de atestado no momento da realização do pré-teste.

Começamos a aula fazendo a chamada e entregando um controle-remoto por aluno, cada um com sua identificação de ID. Neste momento um aluno do grupo G3 (aluno 12) comentou:

- Parece que estamos no Faustão⁷.

Após a entrega dos controles-remotos, foi informado aos alunos como seria a metodologia de aplicação do pós-teste. A questão seria projetada pelo data show no quadro branco, eu faria a leitura da questão e após daria o comando para abertura da votação. Cada aluno deveria responder individualmente seu teste, sem consultar aos colegas. Os estudantes teriam três opções para votar: A, B ou C. Após todos votarem, seria mostrado um gráfico indicando os percentuais de cada resposta, sendo a resposta correta com marcação em verde e as outras duas erradas com marcação em vermelho.

Foi avisado ao grupo que seriam sete blocos de questões, sendo cada bloco composto por três, quatro ou cinco questões, em que cada série de questões refere-se a um objetivo de aprendizagem. Após a votação e análise das respostas dos alunos, todos poderiam fazer comentários a primeira questão de cada bloco.

Esclarecidas as dúvidas, foi iniciada a aplicação do pós-teste. Foi notável que os alunos ficaram motivados e concentrados.

⁷ Referindo-se a um programa de auditório da tv brasileira.

Figura 17: Aplicação do pós-teste e projeção de resultados



Fonte: Acervo da Autora

Os alunos 14 e 11 ficaram extremamente fascinados, quando lançadas as questões, votavam rápido e comentavam entre eles o porquê de votarem em determinada alternativa. Os alunos citados receberam uma advertência e foram comunicados que não poderiam trocar ideias. Os mesmos alegaram que:

- Professora, já votamos!

Estes alunos se destacaram nos comentários da primeira questão de cada bloco de objetivos, sempre contribuindo com suas explicações.

Foi notável que o aluno do grupo G3 (aluno 12) sempre pensava muito antes de responder, o que ocasionou ser sempre o último a votar. Este estudante quando acertava a questão, vibrava, batia palmas e gritava:

- Yes!

As alunas do grupo G6 (4, 9, 19) ficaram mais contidas durante a atividade, mas vibravam timidamente quando acertavam cada questão.

Destacamos ao longo da atividade que os alunos ficaram motivados e se sentiram “felizes” quando acertavam as questões. A turma batia palmas nas ocasiões em que obtiveram 100% de acertos nas questões.

A questão que gerou mais conversas entre os alunos foi a questão número 26 (Apêndice F), que pertencia ao objetivo de aprendizagem 7 (seção 3.1.3). Antes de abrir para votação, aos alunos foram informados que poderiam pegar uma folha para fazer os cálculos necessários

para responder a questão. Imediatamente identificamos que apenas um aluno do grupo G5 (aluno 13) pegou papel, caneta e rascunhou alguma coisa.

Após todos os alunos escolherem uma alternativa, aguardamos para divulgar o resultado da votação. Eles discutiam entre eles suas escolhas. Os alunos 6, 7 e 17, falaram em tom mais alto que ficaram em dúvida entre as primeiras alternativas, pois a alternativa C continha um valor de tempo que estimaram muito alto.

Passados os comentários, foi projetado o resultado da votação e todos os alunos se mostraram surpresos, pois o percentual de acertos da questão foi baixo (cerca de 13 %); segundo cálculos efetuados pela turma naquele instante, apenas dois alunos acertaram a questão. A aluna do grupo G6 (aluna 4) ficou surpresa e disse:

-Mas professora, como isso?

Neste instante escutamos o sinal sonoro do fim do período e a turma foi informada que na próxima aula seriam comentadas as questões e discutidas, principalmente as que geraram dúvidas.

Por fim, os alunos agradeceram a presença do monitor e da colega de Mestrado que ajudaram na aplicação nesta atividade.

22º encontro: aula 35. Data: 23 de junho de 2016.

Neste encontro, inicialmente foi perguntando aos alunos quais eram suas impressões e percepções acerca da atividade trabalhada com os Clickers. Os alunos tiveram a mesma reação, e um estudante relatou:

- Muito legal, diferente, divertida (aluno 11)

A aluna do grupo G2 (aluna 10) perguntou quantas questões tinha o teste; foi respondido que havia 26 questões; a estudante retrucou:

- Pensei que fosse menos, passou muito rápido!

O desempenho dos alunos foi elogiado, pois se mostraram dedicados e concentrados na atividade citada. Os mesmos mostraram-se contentes com os elogios recebidos. Alguns comentaram que erraram poucas questões e que gostariam de saber os resultados.

Posteriormente, os alunos foram informados que nas próximas semanas seria divulgado o resultado da avaliação e que neste momento poderiam fazer a discussão das questões do pós-teste que geraram dúvidas. Muitos alunos citaram a questão 7.6 (Apêndice B). Neste momento foi escrito no quadro branco a questão sugerida e com o auxílio dos alunos a ques-

tão foi sendo desenvolvida. Este momento foi importante para mostrar que o desenvolvimento do cálculo matemático seria fundamental para acertar a questão, por isso no momento de aplicação da avaliação foi orientado a que rascunhassem antes de respondê-la.

Os alunos acompanharam o desenvolvimento matemático da questão citada e alguns relataram que com o cálculo fica mais fácil de entender. Outros lamentaram não acertar a questão.

Após a discussão da questão 7.6, eles pediram para discutir outras questões, segundo a numeração são elas: (2.3, 4.2, 5.3), pois conforme relataram tiveram baixo número de acertos. Foi feita uma pequena discussão sobre elas, em que cada aluno comentou sobre o que tinha entendido e o porquê de ter votado em determinada alternativa.

Devido ao horário da aula, os alunos foram informados que o projeto estava se encaminhando para as últimas atividades, denominadas de Atividades Contextualizadas. As mesmas começariam na sala de aula e eles levariam uma tarefa para casa que deveria ser realizada individualmente e entregue na semana seguinte.

Cada aluno recebeu uma folha, onde constava uma tabela com diversos aparelhos elétricos (parte I, Apêndice H) e cada aluno deveria estimar que em que faixa de potência elétrica cada aparelho se encaixava. A aluna do grupo G3 (aluna 19) disse:

-Eu não sei, nem imagino!

Neste momento, foi informado que cada aluno deveria estimar um possível valor, de acordo com suas concepções, escolhendo uma das faixas das alternativas propostas e neste momento a resposta não seria avaliada como certa ou errada. Seria apenas registrada a ideia de cada um sobre a potência dos aparelhos elétricos.

Na sequência da atividade, os estudantes foram avisados que cada um deveria fazer uma pesquisa em sua residência, em que deveriam observar nas etiquetas dos aparelhos elétricos o valor da potência elétrica de cada um, anotando na folha disponibilizada. Ainda, a turma foi comunicada que deveriam trazer para a próxima aula as anotações da pesquisa e uma conta de energia elétrica de sua residência.

Para finalizar, os alunos receberam um questionário investigativo (Apêndice J) sobre a opinião dos estudantes sobre as atividades experimentais desenvolvidas durante a aplicação da intervenção pedagógica. Os detalhes dos relatos desse questionário são descritos na seção 6.

23º encontro: aula 36 e 37. Data: 29 de junho de 2016.

No começo da aula foram verificadas as pesquisas nas etiquetas dos aparelhos elétricos sobre os valores da potência de cada um.

Na sequência da aula, foi entregue o guia de Atividades contextualizadas (parte II, Apêndice H), em que os alunos deveriam estimar o tempo de uso de cada aparelho elétrico e calcular a quantidade de energia elétrica consumida, em sua residência, pelo mesmo, com base nas anotações de potência elétrica e tempo de uso.

Os estudantes reuniram-se em grupos, mas cada um fez individualmente sua atividade pois a quantidade de aparelhos elétricos era diferente, assim como os dados nominais de cada um. Foi notável que os componentes dos grupos apoiavam-se, trocavam ideias e discutiam os valores encontrados.

Neste encontro, não foi possível concluir todos os itens da atividade, em função do número de cálculos que seriam necessários para finalizar a tarefa.

24º encontro: aula 38 Data: 30 de junho de 2016.

No início da aula, começamos retomando a atividade trabalhada na aula anterior.

Resolvendo a atividade, os alunos mostraram-se preocupados, pois chegaram a valores diferentes, comparando o resultado que foi calculado na sala de aula (consumo de energia elétrica utilizando os dados das etiquetas dos aparelhos elétricos) com o valor encontrado na fatura da conta de energia elétrica recebida mensalmente nas suas residências. Neste momento, aconteceu uma discussão entre os grupos, se o valor dessa diferença era significativo e ainda, quais seriam as causas dessa diferença. Ainda, o grande grupo refletiu sobre possíveis ações para reduzir o consumo de energia elétrica.

Para finalizar a aula, os alunos receberam agradecimentos pela participação no projeto e também elogios em virtude do envolvimento de todos e, pelos resultados positivos obtidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação da intervenção pedagógica, contendo dados quantitativos sobre o desempenho dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem (seção 3.1.3). Com o intuito de complementar a análise quantitativa, apresentamos uma análise qualitativa, com o propósito de encontrar indícios se os objetivos de aprendizagem foram alcançados ou não.

5.1 ANÁLISE QUANTITATIVA

Conforme mencionamos no capítulo anterior, foi aplicado um teste (Apêndice B) no primeiro dia da realização das atividades do Módulo I, o qual denominados de pré-teste, com objetivo de reunir informações sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema Circuitos Elétricos. Destacamos que este tema está presente no cotidiano do homem contemporâneo e muitas grandezas físicas estão presentes em suas práticas diárias, embora muitas vezes reconhecidas apenas por suas unidades de medida (volts, ampères, watts e kWh). As informações coletadas com a realização do pré-teste foram utilizadas para o planejamento das aulas durante a aplicação da intervenção pedagógica. O teste serviu também como instrumento de avaliação das atividades da sequência didática, sendo aplicado na última aula do Módulo III, o qual denominados de pós-teste.

Apresentamos no Quadro 5 a evolução do desempenho dos estudantes no teste (pré e pós), apresentada em forma de médias.

Quadro 5: Evolução do desempenho dos alunos entre o pré e o pós-teste. Escore máximo 26

Média geral do pré-teste	10,2
Desvio padrão geral do pré-teste	2,5
Desvio padrão geral do pré-teste da média	0,7
Média geral do pós-teste	18,9
Desvio padrão geral do pós-teste	3,0
Desvio padrão geral do pós-teste da média	0,8
Nível de significância estatística entre as médias do pré e pós teste	Menor que 0,01 (t = 9,92)

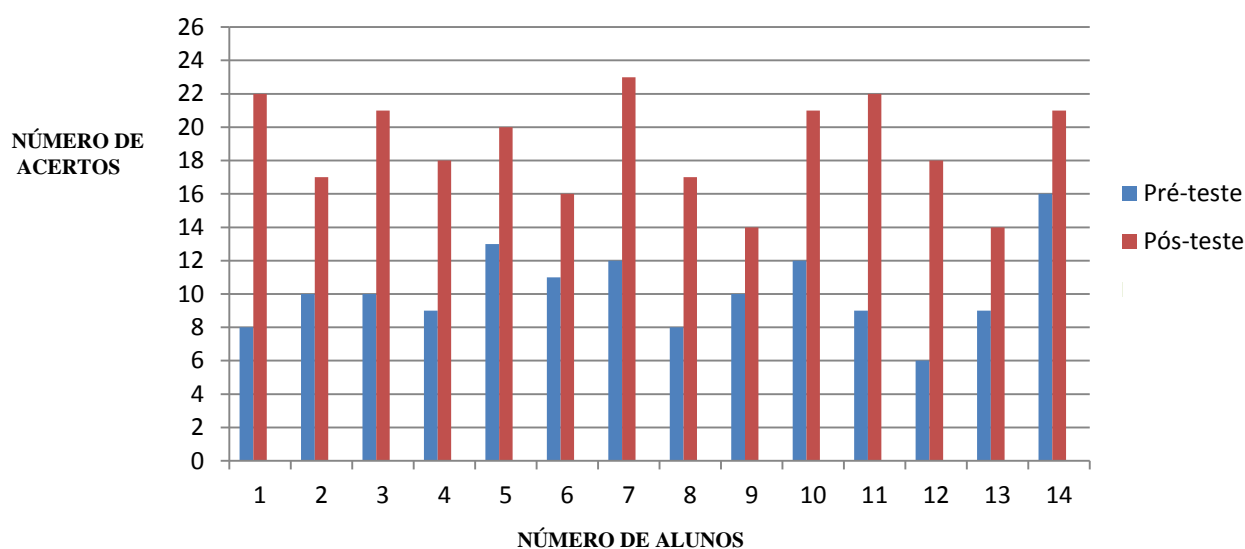
Fonte: Autora

Destacamos como fator positivo após a aplicação da intervenção pedagógica a diferença estatisticamente significativa entre as médias do pré e pós-teste, com um nível de significância estatística inferior a 0,01 (probabilidade inferior a 1 % de que a diferença entre as médias

do pré e pós-teste tenha ocorrido por acaso). Salientamos que as questões do teste estavam em um nível de exigência alto (conforme relatado por um dos avaliadores), o que sugere que as atividades desenvolvidas durante a proposta de ensino (textos de introdução teórica, simulação computacional, atividades experimentais) contribuíram para o bom desempenho dos estudantes.

Apresentamos na Figura 18 o gráfico comparativo entre o número de acertos do pré e pós-teste por estudante:

Figura 18: Gráfico comparativo do número de acertos do pré e pós-teste por aluno



Fonte: Autora

Neste gráfico identificamos que foram avaliados 14 alunos e que estes responderam a 26 questões, em cada uma das avaliações. As linhas comparativas entre o número de acertos das questões do pré-teste em comparação às do pós-teste demonstram que houve crescimento nos resultados de todos os alunos.

Para melhor ilustração sobre o crescimento dos resultados, apresentamos no Quadro 6, o índice de aproveitamento (%) no pré e pós-teste e a diferença entre os índices de aproveitamento (%) nas avaliações por aluno:

Quadro 6: Aproveitamento das avaliações (%) por aluno e diferença entre as avaliações (%)

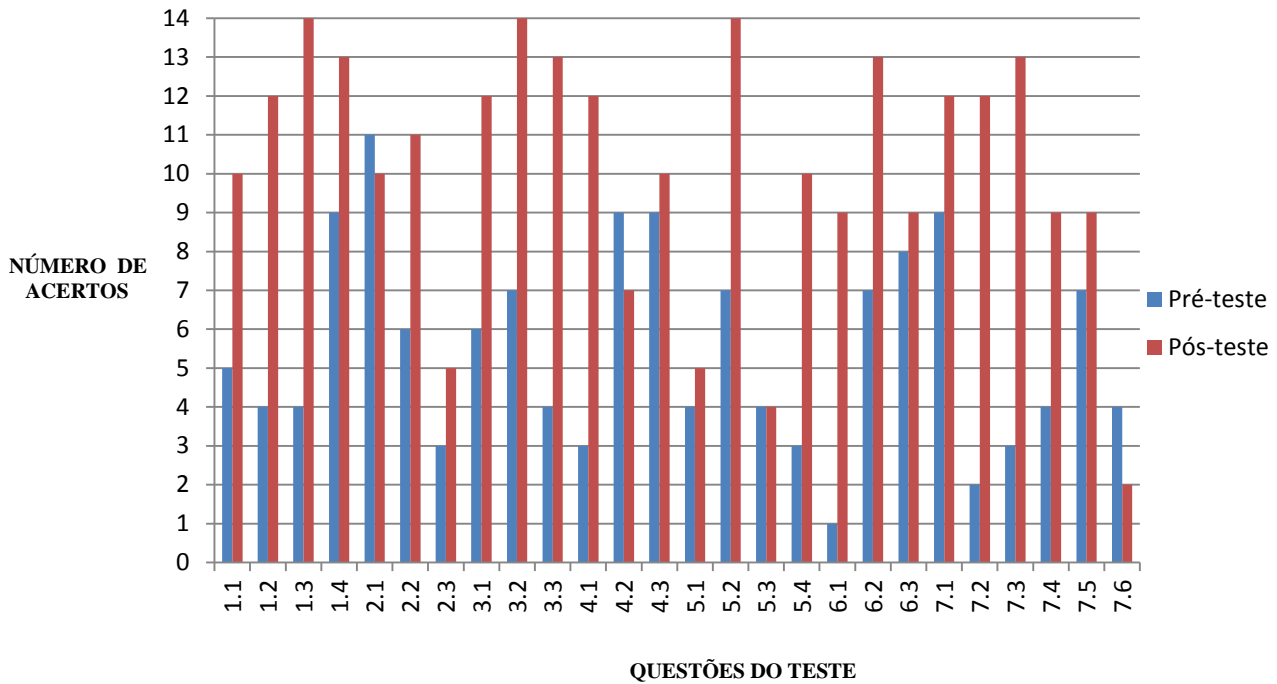
ALUNO	APROVEITAMENTO PRÉ-TESTE (%)	APROVEITAMENTO PÓS-TESTE (%)	DIFERENÇA ENTRE PRÉ E PÓS-TESTE (%)
1	30,77	84,62	+53,85
2	38,46	65,38	+26,92
3	38,46	80,77	+42,31
4	34,62	69,23	+34,62
5	50,00	76,92	+26,92
6	42,31	61,54	+19,23
7	46,15	88,46	+42,31
8	30,77	65,38	+34,62
9	38,46	53,85	+15,38
10	46,15	80,77	+34,62
11	34,62	84,62	+50,00
12	23,08	69,23	+46,15
13	34,62	53,85	+19,23
14	61,54	80,77	+19,23

Fonte: Autora

Identificamos no Quadro 6 o crescimento percentual do aproveitamento de todos os alunos no teste. O menor índice registrado foi do aluno 9, com um ganho de 15,38 % na comparação de seu desempenho no pré-teste para o pós-teste. Os demais alunos avaliados registraram índices de melhoria com percentual de aproveitamento superiores ao citado, chegando à marca do aluno 1, que atingiu um ganho de 53,85 % no seu desempenho entre as avaliações.

A Figura 19 apresenta o comparativo entre as questões por número de acertos no pré e pós-teste.

Figura 19: Comparativo entre o pré e pós-teste: número acertos por questão



Fonte: Autora

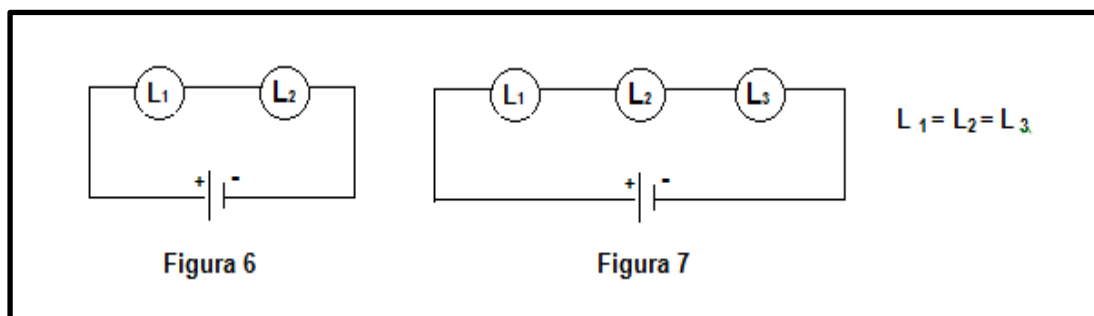
Convém salientar que o conjunto de questões foi distribuído em blocos, conforme os objetivos de aprendizagem apresentados na seção 3.1.3.

O escore máximo do número de alunos a ser atingido por questão é 14 (número de estudantes que responderam o pré e o pós-teste). As linhas comparativas entre o número de alunos que acertaram a questão no pré e pós-teste demonstram que houve crescimento significativo em todas as questões avaliadas, assim como em todo o bloco de questões por objetivo de aprendizagem.

Analisando os blocos de questões propostas, identificamos que nos objetivos: 1, 3, 4 e 6, o número de acertos por questão do pós-teste foi superior a nove, o que equivale a aproximadamente 64,28%. Nos objetivos 2, 4, 5 e 7, apontamos algumas questões que apresentaram índices menores que o citado.

A primeira a destacar é a questão 2.3 que apresentava dois circuitos elétricos com lâmpadas associadas em série, com duas e três lâmpadas, respectivamente (Figura 20), no qual os alunos deveriam responder se a intensidade da corrente elétrica era maior em algum dos circuitos ou igual em ambos.

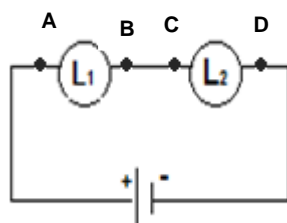
Figura 20: Circuitos elétricos com lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

A questão mencionada na Figura 20 apresentou um índice de cinco acertos no pós-teste ($\cong 35,71\%$), conforme Figura 19. Verificando a questão proposta, supomos que, possivelmente a maioria dos alunos tenha admitido que o circuito elétrico que continha a maior quantidade de lâmpadas, apresentava a maior resistência equivalente; uma vez que os estudantes responderam corretamente as questões 2.1 (apesar do score ter baixado de 11 para 10) e 2.2. Entretanto ao responder a questão 2.3, os alunos podem ter se confundidos com o objetivo do bloco de questões anteriores, que indicava que a intensidade da corrente elétrica que percorre os componentes de um circuito em série é a mesma; assim votando na alternativa que induzia a essa conclusão.

No bloco de questões do objetivo 4, apontamos a questão 4.2, em que os estudantes deveriam analisar um circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em série (Figura 21), em que $L_1 > L_2$ e, responder qual dos pontos do circuito apresenta maior diferença de potencial: A e B, B e C ou C e D.

Figura 21: Circuito elétrico com duas lâmpadas associadas em série, sendo $L_1 > L_2$ 

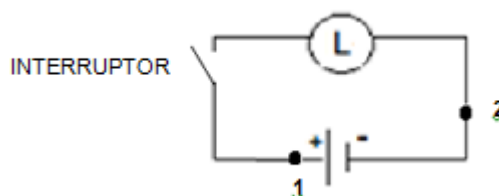
Fonte: Autora

Analisando as respostas dos estudantes, identificamos que a questão citada apresentou um índice de sete acertos (50%), conforme Figura 19. Averiguando a questão, pensamos que os alunos já teriam estabelecido a relação entre as grandezas físicas; neste caso que indica a diferença de potencial é proporcional à resistência elétrica, pois a intensidade da corrente elé-

trica que percorre as lâmpadas é a mesma, conforme eles já haviam demonstrado nas questões do bloco do objetivo 4, são elas: 4.1 ($\cong 85,71$ % de acertos) e 4.3 ($\cong 71,42$ % de acertos). Assim os estudantes possam ter respondido inversamente (trocando o significado dos símbolos $>$ e $<$), apontando para a alternativa que indicava a lâmpada de menor resistência com maior diferença de potencial.

Na questão 5.1, em que os alunos deveriam avaliar um circuito elétrico com uma lâmpada e um interruptor, identificando o comportamento da diferença de potencial quando o interruptor estava aberto ou fechado (Figura 22).

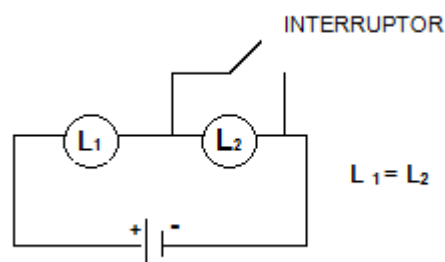
Figura 22: Circuito elétrico com lâmpada e interruptor



Fonte: Autora

A questão citada acima teve um índice de cinco acertos ($\cong 35,71$ %). Averiguando a questão, julgamos que os alunos não reconheceram que entre os pontos 1 e 2 estava a bateria, logo a diferença de potencial era a mesma com o interruptor aberto ou fechado. Ainda no bloco de questões do objetivo 5, apontamos a questão 5.3, em que os alunos foram questionados a respeito do brilho da lâmpada L_2 ao ser fechado o interruptor (Figura 23).

Figura 23: Circuito elétrico com lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

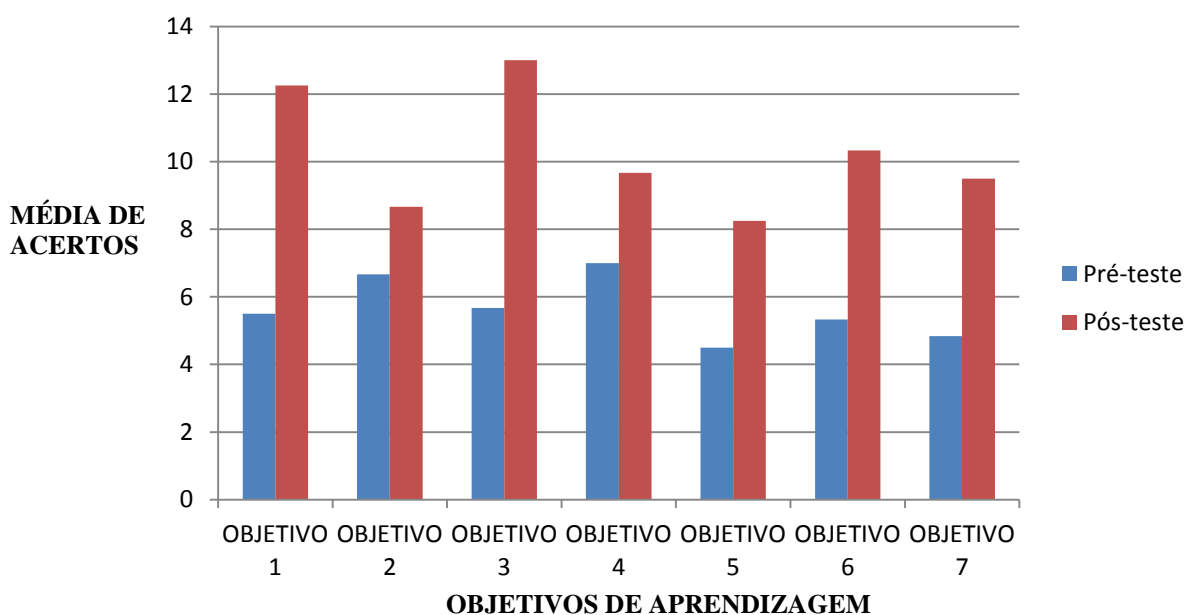
A questão 5.3 apresentou um índice de quatro acertos ($\cong 28,57$ %). Analisando a questão proposta, apontamos que os alunos não identificaram que o interruptor cessaria a passagem da corrente elétrica em L_2 , logo ao fechá-lo, a lâmpada L_2 se apagaria. Supomos que os estudantes tenham reconhecido apenas que as lâmpadas continham a mesma resistência, logo votaram na questão que indicava que o brilho da lâmpada L_2 seria igual ao brilho da lâmpada L_1 .

Na análise da questão 7.6, que tratava sobre um chuveiro com dados nominais 5000 W/220 V que havia ficado ligado durante 30 minutos. Na sequência, os alunos eram questionados quanto tempo uma lâmpada com dados nominais de 100 W/220 V deveria ficar acesa para consumir a mesma energia elétrica que foi consumida pelo chuveiro.

Verificando o índice de acertos da referida questão, apontamos que ela atingiu um índice de dois acertos (14,28 %). Levantamos a hipótese que esse percentual foi baixo, pois na hora da avaliação, os alunos não desenvolveram o cálculo da equação matemática do consumo de energia elétrica, apenas votaram usando sua intuição, mesmo sendo orientados pela professora a utilizarem a equação. Os dois alunos que acertaram a questão foram os únicos que utilizaram lápis e papel e resolveram o cálculo matemático.

Buscando uma sistematização sobre os escores por objetivo apresentamos a Figura 24, que mostra o comparativo entre as médias do pré e pós-teste por objetivo de aprendizagem.

Figura 24: Gráfico comparativo entre as médias do pré e pós-teste por objetivo de aprendizagem



Fonte: Autora

Através da análise do gráfico, verificamos o crescimento das médias em todos os objetivos propostos, o que nos dá indícios que houve ganhos no processo de aprendizagem.

Salientando que os objetivos 1 até 5, trabalharam os conceitos introdutórios ao estudo dos circuitos elétricos e os objetivos 6 e 7, os objetivos referentes ao estudo da potência e consumo de energia elétrica. Constatamos que foi importante trabalhar os conceitos introdutórios anteriormente a potência elétrica, pois este conceito depende das relações estabelecidas

entre os anteriores. Essa afirmação se mostra evidente através do resultado apresentado na Figura 19, em que verificamos o crescimento do desempenho dos alunos nos primeiros objetivos, em que os entendimentos destes contribuíram para o aprendizado nos objetivos 6 e 7.

5.2 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE OS OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

Esta seção é dedicada à descrição e análise qualitativa dos resultados a partir da apreciação dos dados obtidos nos protocolos das atividades desenvolvidas pelos alunos nos guias de atividades experimentais (Apêndices E e G). Salientamos que serão analisados apenas os guias de atividades experimentais, pois eles retomam os objetivos de aprendizagem propostos nas atividades dos guias de introdução teórica (Apêndices C e F) e nos guias de simulação computacional (Apêndice D).

A análise será feita por objetivo de aprendizagem e no decorrer do texto, comentamos as questões propostas e fazemos uma análise reflexiva sobre o desempenho dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem previstos (seção 3.1.3). Apresentamos no texto os relatos dos alunos para ilustrar as interpretações.

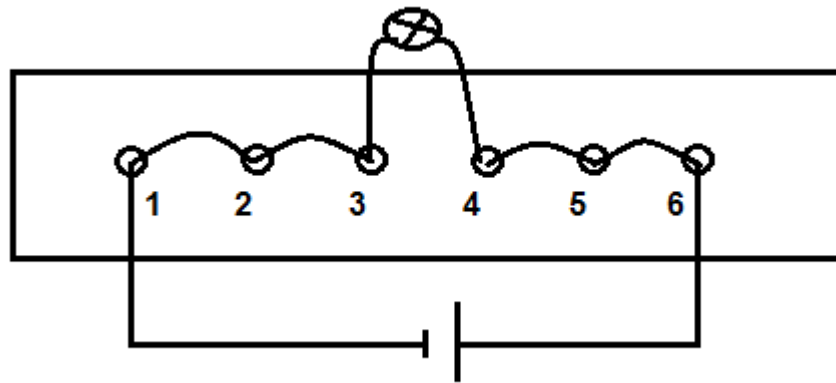
5.2.1 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 1

Esse objetivo previa que: “os alunos deveriam compreender que, em uma associação de resistores em série, a intensidade da corrente elétrica que circula pelos componentes do circuito é a mesma”. Buscou-se atingir esse objetivo nos encontros 3º, 4º, 6º, 11º, 12º, 14º e 20º.

Para análise desse objetivo foram averiguadas as respostas dos alunos na atividade 1 do guia experimental (Apêndice E).

Nessa atividade, os alunos inicialmente construíram o circuito elétrico com uma lâmpada (Figura 25) e mediram a intensidade da corrente elétrica em vários pontos do circuito. Após responderam o item b da questão, em que foram indagados a respeito do valor da intensidade da corrente elétrica a partir das medições realizadas, nos seguintes partes do circuito: 1-2, 2-3, 4-5 e 5-6. Para fazerem as medições das intensidades de corrente elétrica os alunos retiravam o fio condutor que conectava um par de pontos e ligavam as ponteiros do multímetro, na função amperímetro. Nos protocolos do guia, verificamos que os seis grupos conseguiram realizar as medições (Figura 26) e que foram capazes de identificar que a intensidade da corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito (conforme Quadro 7). Destacamos o grupo G4, que em seus relatos identificou que havia diferença de décimos entre os valores encontrados, devido a oscilações nas medidas apresentadas no multiteste.

Figura 25: Circuito apresentado na atividade 1



Fonte: Autora

Figura 26: Recorte das respostas dos grupos G4 e G5 na atividade 1, item a

a) Qual o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre os seguintes pontos:

- i_{12} ? 81,9 mA
- i_{23} ? 81,9 mA
- i_{45} ? 82,0 mA
- i_{56} ? 82,0 mA

- i_{12} ? 81,6 mA
- i_{23} ? 81,6 mA
- i_{45} ? 81,6 mA
- i_{56} ? 81,8 mA

Fonte: Autora

Quadro 7: Relato dos alunos na atividade 1, item b

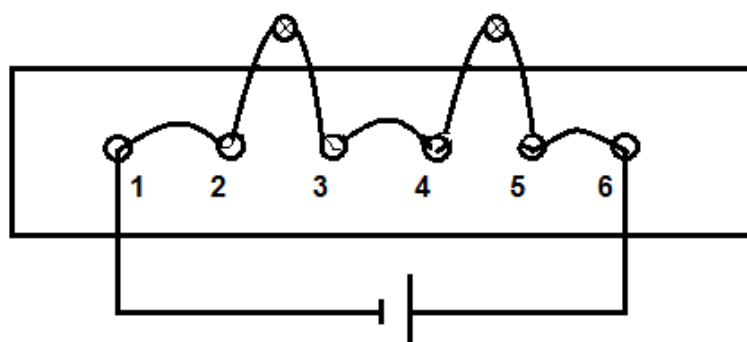
GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	Conclui-se que a intensidade em todos os pontos é sempre a mesma, ela não muda.
G2	A intensidade da corrente elétrica é a mesma.
G3	Podemos concluir que a intensidade da corrente elétrica são os mesmos valores.
G4	Podemos concluir que o valor da intensidade da corrente elétrica é quase o mesmo, o resultado só é diferente por causa dos décimos, por causa das oscilações. Porque o valor da intensidade da corrente elétrica é sempre o mesmo.
G5	Podemos concluir que a intensidade que passa nas lâmpadas L_1 e L_2 é a mesma intensidade que passa em todas, então é igual.

G6	<i>Que a intensidade da corrente elétrica não varia consideravelmente, permanece quase a mesma.</i>
-----------	---

Fonte: Autora

Na sequência da atividade, no item c, os alunos construíram um circuito elétrico com duas lâmpadas (Figura 27) e refizeram as medições da intensidade da corrente elétrica em pontos do circuito. A partir das medidas encontradas, os seis grupos mencionaram, no item d, que a intensidade da corrente elétrica diminuiu no segundo circuito e atribuíram essa mudança de valor ao fato da resistência elétrica ter aumentado (conforme Quadro 8).

Figura 27: Circuito apresentado na atividade 1, item c



Fonte: Autora

Quadro 8: Relato dos alunos na atividade 1, item d

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<i>A intensidade da corrente é sempre a mesma, os valores em todos os pontos são iguais (constante). Detalhe: comparando a e c, a intensidade da corrente foi menor na segunda medição, devido ao aumento da resistência porque foi posta uma segunda lâmpada em nosso circuito.</i>
G2	<i>A intensidade da corrente elétrica no item a é maior que a intensidade da corrente elétrica no item c, porque usa-se duas lâmpadas e a resistência elétrica aumenta e a intensidade da corrente elétrica diminui.</i>
G3	<i>Quando aumenta a resistência da lâmpada, a corrente elétrica diminui.</i>
G4	<i>Concluímos que o valor da intensidade da corrente elétrica diminuiu quando acrescentamos outra lâmpada (a resistência elétrica aumentou porque acrescentamos outra lâmpada ao circuito).</i>
G5	<i>A relação é: quando colocamos a lâmpada L_2, a intensidade da corrente elétrica diminui porque aumentou a resistência elétrica.</i>
G6	<i>A intensidade da corrente elétrica diminui porque aumentou a resistência quando adicionamos mais uma lâmpada ao circuito.</i>

Fonte: Autora

5.2.2 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 2

Na sequência das atividades experimentais, passamos a trabalhar o objetivo 2, no qual era previsto que: “o aluno deve compreender que em uma associação de resistores a resistência equivalente do circuito aumenta quando mais um resistor é associado em série”. Esse objetivo foi trabalhado nos encontros 4º, 7º, 9º, 11º, 12º, 14º e 20º.

Para análise desse objetivo foram analisadas as respostas dos alunos na atividade 2 do guia experimental (Apêndice E).

Nessa atividade, os estudantes construíram novamente o circuito da atividade anterior, primeiramente com uma lâmpada (Figura 25), posteriormente com duas lâmpadas (Figura 27) e mediram a resistência equivalente do circuito elétrico nas duas situações. Quando questionados a respeito do valor da resistência equivalente, à medida que acrescentaram mais uma lâmpada no circuito, os seis grupos claramente apontaram que a resistência equivalente do circuito elétrico aumentou. Nesta atividade destacamos o relato dos grupos G1 e G5, que identificaram que a resistência equivalente do circuito elétrico aumentou à medida que foi colocada mais uma lâmpada no circuito. Os mesmos alunos complementaram a conclusão afirmando que a intensidade da corrente elétrica seria menor, retomando o que foi atingido no objetivo 1. No Quadro 9 transcrevemos os relatos dos alunos na atividade 2 item c.

Quadro 9: Relato dos alunos na atividade 2, item c

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<i>Seu valor aumenta, quanto mais acrescentamos lâmpadas, a intensidade da corrente baixa e a resistência só tende a aumentar.</i>
G2	<i>Podemos concluir que ao colocar duas lâmpadas, a resistência elétrica aumenta.</i>
G3	<i>Quando acrescentamos mais lâmpadas, a resistência aumenta.</i>
G4	<i>Concluimos que ao acrescentarmos outra lâmpada ao circuito, a resistência aumenta, pois antes era uma lâmpada com resistência e agora são duas.</i>
G5	<i>A resistência elétrica aumentou porque acrescentamos mais lâmpadas, quanto mais lâmpadas, maior a resistência elétrica e menor a intensidade da corrente elétrica.</i>
G6	<i>Porque quanto mais lâmpadas, maior a resistência.</i>

Fonte: Autora

Ao encerrar esta atividade, podemos concluir que o objetivo de aprendizagem previsto foi atingido, uma vez que os alunos relacionaram o aumento da resistência equivalente ao acréscimo do número de lâmpadas no circuito, expressando essa conclusão em seus relatos. É importante destacar que os estudantes retomaram o que foi aprendido na atividade anterior

(referente ao objetivo 1), fazendo menção ao aumento da resistência equivalente e diminuição no valor da intensidade da corrente elétrica.

5.2.3 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 3

Na atividade 3 do guia experimental (Apêndice E) os alunos deveriam compreender que: “em uma associação de resistores em série, a soma das diferenças de potencial entre as extremidades dos resistores é igual à diferença de potencial aplicada entre os extremos da fonte”. Esse objetivo foi abordado nos encontros 4º, 7º, 9º, 11º, 12º, 13º, 14º e 20º.

Continuando a explorar o circuito elétrico montado na atividade anterior (conforme Figura 27), os estudantes deveriam medir a diferença de potencial elétrico (ddp) em vários pontos do circuito, respondendo a questão do item a. Analisando os protocolos do guia de atividades, identificamos que os grupos G1, G2, G4 e G5 conseguiram realizar as medições, encontrando valores adequados (Figura 23). O grupo G5 respondeu a questão utilizando as unidades de volts (V) e milivolts (mV), demonstrando reconhecer os submúltiplos de medida de ddp. O grupo G3 não soube responder claramente quais foram os valores encontrados, pois escreveram duas respostas para cada item da questão. No protocolo de atividades do grupo G6, evidenciamos que os estudantes ao escreverem, confundiram as unidades de milivolts e volts. Na Figura 28 apresentamos as respostas dos Grupos G3 e G6 na atividade 3, item a

Figura 28: Recorte das respostas dos grupos G1, G2, G4 e G5 na atividade 3, item a

a) Qual é o valor da diferença de potencial a seguir:			
<ul style="list-style-type: none"> $V_1 - V_2 = V = 0,00V$ $V_2 - V_3 = V = 4,43V$ $V_3 - V_4 = V = 0,00V$ $V_4 - V_5 = V = 3,15V$ $V_5 - V_6 = V = 0,00V$ $V_1 - V_6 = V = 7,60V$ <p>G1</p>	<ul style="list-style-type: none"> $V_1 - V_2 = 0,00$ $V_2 - V_3 = 3,47$ $V_3 - V_4 = 0,00$ $V_4 - V_5 = 3,62$ $V_5 - V_6 = 0,00$ $V_1 - V_6 = 7,47$ <p>G2</p>	<ul style="list-style-type: none"> $V_1 - V_2 = 0,01V$ $V_2 - V_3 = 3,47V$ $V_3 - V_4 = 0,01V$ $V_4 - V_5 = 4,50V$ $V_5 - V_6 = 0,01V$ $V_1 - V_6 = 7,67V$ <p>G4</p>	<ul style="list-style-type: none"> $V_1 - V_2 = 0,5\text{ mV}$ $V_2 - V_3 = 3,33V$ $V_3 - V_4 = 4,0\text{ mV}$ $V_4 - V_5 = 1,17V$ $V_5 - V_6 = 3,0\text{ mV}$ $V_1 - V_6 = 7,50V$ <p>G5</p>

Fonte: Guia de Atividades Experimentais respondido pelos alunos

Figura 29: Recorte das respostas dos grupos G3 e G6 na atividade 3, item a

a) Qual é o valor da diferença de potencial a seguir:

<ul style="list-style-type: none"> • $V_1 - V_2 = 0 - 7,76$ • $V_2 - V_3 = 3,77 - 0$ • $V_3 - V_4 = 0 - 0$ • $V_4 - V_5 = 3,81 - 0$ • $V_5 - V_6 = 0 - 0$ • $V_1 - V_6 = 7,62 - 7,76$ <p style="text-align: center;">G3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • $V_1 - V_2 = 0,5 \text{ mV}$ • $V_2 - V_3 = (\cancel{1,2 \text{ mV}}) 3,94 \text{ v}$ • $V_3 - V_4 = 1,5 \text{ v}$ • $V_4 - V_5 = 3,109 \text{ v}$ • $V_5 - V_6 = 3,3 \text{ mV}$ • $V_1 - V_6 = 7,14 \text{ v}$ <p style="text-align: center;">G6</p>
---	--

Fonte: Guia de Atividades Experimentais respondido pelos alunos

No item b da questão anteriormente citada, os alunos foram interrogados sobre a relação que eles poderiam estabelecer sobre a diferença de potencial da fonte de alimentação ($V_1 - V_6$) e a medida da diferença de potencial em cada lâmpada. A partir dos relatos descritos no Quadro 10, podemos identificar que os seis grupos mencionaram que a diferença de potencial do circuito está distribuída entre as lâmpadas. Apontamos que o grupo G6 embora tenha se confundido ao escrever as unidades de medida da ddp, chegou ao entendimento mencionado. Ainda, destacamos que a resposta do grupo G1, que escreveu uma observação (*resistência proporcional à tensão*), evidencia a compreensão de que a diferença de potencial não se dividiu proporcionalmente entre as lâmpadas. Esses alunos, possivelmente, identificaram que a lâmpada de maior resistência apresentou maior tensão e vice-versa.

Quadro 10: Relato dos alunos na atividade 3, item b

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	O circuito completo tem valor de 7,60 V e se somarmos a diferença de potencial das lâmpadas L_1 e L_2 encontra-se o valor do circuito. $L_1 = 4,43 \text{ V}$ $L_2 = 3,15 \text{ V}$ (<i>resistência proporcional à tensão</i>).
G2	A diferença de potencial do circuito foi dividida entre as duas lâmpadas. $L_1 = 3,77 \text{ V}$ } 7,39 V $L_2 = 3,62 \text{ V}$ }
G3	Podemos concluir que $V_1 - V_6$ é a diferença de potencial, que são divididos para V_2 e V_3 , V_4 e V_5 .
G4	A medida da diferença de potencial da fonte de alimentação se divide entre as lâmpadas.
G5	Podemos estabelecer que se juntarmos a medida da diferença de potencial da lâmpada L_1 e da lâmpada L_2 , temos o valor do circuito todo.
G6	O valor da diferença de potencial $V_1 - V_6$ é o valor de todo o circuito e a diferença de potencial das lâmpadas é este valor dividido entre elas.

Fonte: Autora

Para finalizar a atividade 3, foi proposto no item c do guia, que os alunos desconectassem o cabo que liga os pontos 1 e 2 e refizessem as medidas da diferença de potencial em vários pontos do circuito (Figura 22). Os estudantes foram questionados se a ddp em cada lâmpada permaneceu constante em relação ao item anterior. A partir dos relatos descritos no Quadro 10, podemos identificar que os seis grupos refizeram as medições solicitadas e encontraram valores adequados. Os grupos G2 e G5 mencionaram que a ddp em cada lâmpada não permaneceu constante quando desconectaram o cabo que liga os pontos 1 e 2, em contrapartida não souberam justificar o porquê isso ocorreu. Os grupos G1, G3 e G4, utilizaram o conceito de circuito aberto, porém não apontaram que o ponto 1 teria o mesmo potencial do polo negativo e o ponto 2, o potencial do pólo positivo do circuito. Ainda neste item, assinalamos que o grupo G6 não forneceu uma resposta adequada ao questionamento do item c.

O Quadro 11 apresenta o relato dos alunos na atividade 3, item c:

Quadro 11: Relato dos alunos na atividade 3, item c

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	$V_1 - V_2 = 7,55 V$ $V_2 - V_3 = 0,00$ $V_3 - V_4 = 0,00$ $V_4 - V_5 = 0,00$ $V_5 - V_6 = 0,00$ $V_1 - V_6 = 7,73 V$. O circuito fica aberto e a concentração de ddp do circuito encontra-se nos pólos 1 e 2, local onde retiramos o cabo. E a ddp não permaneceu constante, ela diminuiu.
G2	$V_1 - V_2 = 7,75$ $V_2 - V_3 = 0,00$ $V_3 - V_4 = 0,00$ $V_4 - V_5 = 0,00$ $V_5 - V_6 = 0,00$ $V_1 - V_6 = 0,00$ Não, pois antes a diferença de potencial era de 3 V e agora é 0,00 V
G3	Quando o fio está desconectado a diferença de potencial é: $V_1 - V_2 = 7,76 V$ $V_2 - V_3 = 0 V$ $V_3 - V_4 = 0 V$ $V_4 - V_5 = 0 V$ $V_5 - V_6 = 0 V$ $V_1 - V_6 = 7,76 V$. Não, porque o circuito ficou aberto.
G4	$V_1 - V_2 = 7,84 V$ $V_2 - V_3 = 0,00 V$ $V_3 - V_4 = 0,00 V$ $V_4 - V_5 = 0,00 V$ $V_5 - V_6 = 0,00 V$ $V_1 - V_6 = 7,84 V$ A diferença de potencial em cada lâmpada não permaneceu constante, pois como o circuito está aberto, ela está servindo como um fio.
G5	$V_1 - V_2 = 7,75 V$ $V_2 - V_3 = 0,00$ $V_3 - V_4 = 0,00$ $V_4 - V_5 = 0,00$ $V_5 - V_6 = 0,00$ $V_1 - V_6 = 7,75 V$ A diferença de potencial não permaneceu constante.
G6	$V_1 - V_2 = 7,55 V$ $V_2 - V_3 = 0,00$ $V_3 - V_4 = 0,00 V$ $V_4 - V_5 = 0,00 V$ $V_5 - V_6 = 0,00 V$ $V_1 - V_6 = 7,60 V$ Não. Porque o circuito foi desativado e ficou ativado somente nos pólos.

Fonte: Autora

Ao finalizar a atividade referente ao objetivo 3 (seção 3.1.3), inferimos que objetivo de aprendizagem previsto foi atingido, uma vez que os estudantes identificaram que a diferença de potencial da fonte é igual a soma da diferença de potencial nos extremos de cada lâmpada; embora não tenham respondido adequadamente o item c. Ainda no item citado, destacamos que houve ganhos de aprendizagem, pois os alunos mencionaram o conceito de circuito aber-

to, lembrando o que trabalhamos na atividade inicial do 1º encontro, em que utilizamos três componentes: um fio, uma lâmpada e uma bateria (Figura 4) para explorar o conceito de circuito fechado.

5.2.4 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 4

Esse objetivo previa que os estudantes deveriam compreender que: “em uma associação de resistores em série a diferença de potencial em um resistor é proporcional à intensidade da corrente elétrica e a resistência elétrica”; tal objetivo foi abordado nos encontros 3º, 8º, 9º, 13º, 14º e 20º.

Para análise desse objetivo foram analisados os protocolos das atividades realizadas pelos estudantes na atividade 4 do guia experimental (Apêndice E).

Nesta atividade, os alunos mediram primeiramente a diferença de potencial em um circuito com apenas uma lâmpada (Figura 25). Em seguida, acrescentaram mais uma lâmpada de mesmo modelo (Figura 27) e mediram a ddp em cada lâmpada. Posteriormente, conforme instruções do guia substituíram uma das lâmpadas por outra de diferente modelo e refizeram as medidas. No item d da referida atividade, foi solicitado aos alunos que justificassem o que aconteceu com a diferença de potencial, quando as lâmpadas foram trocadas.

Analisando os relatos dos alunos no item d, apontamos que o grupo G5 identificou que a ddp da lâmpada L_1 aumentou e a da lâmpada L_2 diminuiu, porém não relacionou essa mudança de valores a nenhuma grandeza presente no circuito. Os demais grupos, G1, G2, G3, G4 e G6, escreveram a conclusão apresentada pelo grupo G5 e atribuíram essa mudança de valores de ddp à resistência elétrica das lâmpadas, indicando que a lâmpada que apresentou maior diferença de potencial possuía maior resistência elétrica. O grupo G1 em seu relato apresentou um erro conceitual, escrevendo que a resistência é proporcional à tensão. Ocorreu neste caso, uma troca de posições na escrita das grandezas físicas, pois deveriam escrever que a tensão é proporcional a resistência. Apesar desse equívoco, o grupo G1 concluiu, adequadamente, que “*maior resistência, maior tensão*”. Registramos que nenhum dos grupos mencionou a grandeza física intensidade da corrente elétrica.

Quadro 12: Relato dos alunos na atividade 4, item d

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<i>A diferença de potencial da lâmpada L_1 ficou maior, porque sua resistência tem valor maior que o da lâmpada L_2, portanto a resistência é proporcional a tensão (maior resistência, maior tensão).</i>
G2	<i>A diferença de potencial da lâmpada L_1 ficou maior que a da lâmpada L_2, pois a resistência da lâmpada L_1 era maior.</i>

G3	<i>Aumentou o valor da diferença de potencial da lâmpada L_1 porque a lâmpada tem maior resistência.</i>
G4	<i>O valor da diferença de potencial se concentrou mais na lâmpada menor. Creio que seja porque a lâmpada menor tem maior resistência.</i>
G5	<i>A diferença de potencial dos pontos 2 e 3 aumentou e a dos pontos 4 e 5, diminuiu.</i>
G6	<i>Quando colocamos a lâmpada menor, a diferença de potencial aumentou porque o valor da resistência da lâmpada menor é maior.</i>

Fonte: Autora

Ao encerrar a atividade, inferimos que o objetivo de aprendizagem 4 (seção 3.1.3) foi atingido em partes, pois os alunos assinalaram nos protocolos do guia de atividades (Apêndice E) que a diferença de potencial é proporcional a resistência elétrica, e que, quanto maior a resistência, maior será a tensão e vice-versa. Nenhum dos grupos fez relações entre as grandezas físicas e mencionou que a diferença de potencial elétrico é proporcional a intensidade da corrente elétrica pela resistência elétrica. Essa menção poderia ser afirmada retomando a atividade 2, em que foi indicado que a medida que aumenta a resistência equivalente do circuito, diminui a intensidade da corrente elétrica.

5.2.5 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 5

Esse objetivo previa que os alunos deveriam “tratar o circuito como um sistema”, entendendo que uma alteração em qualquer parte do circuito provocaria, simultaneamente, alterações ao longo de todos componentes do circuito (DORNELES, 2005). O objetivo mencionado foi trabalhado nos encontros: 1º, 2º, 9º, 10º, 13º, 14º e 20º.

Para análise desse objetivo foram analisadas as respostas dos alunos na atividade 5 do guia experimental (Apêndice E), que finalizava a primeira parte do estudo de circuitos elétricos.

Nesta atividade, os alunos retomaram o circuito da atividade 4 (Figura 25). Primeiramente foi montado o circuito com duas lâmpadas idênticas e realizada a medição da intensidade da corrente elétrica que percorria as lâmpadas. Na sequência das questões da atividade, foi solicitado aos alunos que ligassem um cabo aos pinos 4 e 5 e que identificassem o que aconteceu com o brilho das lâmpadas L_2 e L_1 . Posteriormente, foi coletada a medida da intensidade da corrente elétrica que percorria a lâmpada L_1 .

No item c da atividade 5, os alunos foram questionados a respeito do valor da intensidade da corrente elétrica quando conectado um cabo aos pinos 4 e 5, assim como foi solicitado que justificassem o que aconteceu com a diferença de potencial entre as lâmpadas.

Analisando o relato dos alunos apontamos que os seis grupos identificaram que o valor da intensidade da corrente elétrica aumentou. Quanto ao que aconteceu com a diferença de potencial, destacamos que:

- o grupo G1 percebeu que a ddp diminuiu, porém para justificar essa afirmação, escreveram apenas os valores das medidas encontradas;
- o grupo G2 não respondeu o que aconteceu com o valor da diferença de potencial das lâmpadas, nas duas situações problematizadas na questão;
- o grupo G3 mencionou que a diferença de potencial da lâmpada L_1 com o pino aumentou e a da lâmpada L_2 diminuiu. Os alunos justificaram suas conclusões apresentando os valores das medidas encontradas, não associando as mudanças ocorridas no circuito elétrico a qualquer alteração em uma das grandezas físicas;
- o grupo G4 utilizou os valores das medidas encontradas para justificar o que aconteceu com o valor da ddp, indicando que a lâmpada L_1 aumentou seu valor e a lâmpada L_2 diminuiu seu valor, não relacionando a divergência de valores a nenhuma grandeza física presente;
- o grupo G5, ao escrever sobre a diferença de potencial, fez confusões associando L_1 a circuito aberto e L_2 a circuito fechado, possivelmente quis informar valores da diferença de potencial nas lâmpadas quando o cabo está conectado aos pinos 4 e 5, e quando estava desconectado;
- o grupo G6 identificou que a ddp na lâmpada L_1 aumentou quando foi conectado o cabo aos pinos e atribuiu essa mudança ao aumento da corrente elétrica que percorre L_1 .

O Quadro 13 apresenta a transcrição dos relatos dos alunos na atividade 5, item c:

Quadro 13: Relato dos alunos na atividade 5, item c

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<i>Quando acrescentamos um cabo nos pinos 4 e 5 a intensidade da corrente elétrica aumenta e a ddp baixa i sem o cabo: 49,6 mA i com o cabo: 73 mA V sem o cabo: 2,19 V V com o cabo: 0,00 V</i>
G2	<i>L_1 fica brilhando, L_2 apaga e a intensidade da corrente elétrica aumenta.</i>
G3	<i>O valor da intensidade da corrente elétrica aumentou quando conectamos o cabo aos pinos 4 e 5. A lâmpada L_1 aumentou a diferença de potencial com o pino e a lâmpada L_2 diminui a diferença de potencial com o pino. Sem o pino: $L_1 = 3,66 V$ $L_2 = 3,70 V$ Com o pino: $L_1 = 7,52 V$ $L_2 = 0,00 V$</i>

G4	<p><i>O valor da intensidade da corrente elétrica aumentou quando conectamos um cabo aos pinos 4 e 5. Sem conectar o cabo aos pinos 4 e 5 : $L_1 = 4,15 \text{ V}$ e $L_2 = 3,90 \text{ V}$. Com o cabo conectado aos pinos 4 e 5 : $L_1 = 7,18 \text{ V}$ e $L_2 = 1,8 \text{ V}$. A diferença de potencial aumentou quando conectamos o cabo, e sem conectar o cabo a diferença de potencial se dividiu, só não permaneceu igual, pois as lâmpadas têm resistências diferentes e a lâmpada que tiver maior resistência tem maior diferença de potencial.</i></p>
G5	<p><i>A intensidade da corrente elétrica aumentou e a diferença de potencial da lâmpada L_1 com o circuito aberto é de $4,12 \text{ V}$ e na lâmpada L_2 é de $3,04 \text{ V}$. Com o circuito fechado a diferença de potencial da lâmpada L_1 é $7,25 \text{ V}$ e da lâmpada L_2 é de 0 V.</i></p>
G6	<p><i>Quando conectamos o cabo aos pinos 4 e 5, a intensidade da corrente elétrica aumentou, junto com o brilho da lâmpada L_1. Antes do cabo ser conectado aos pinos 4 e 5, a diferença de potencial era de $L_1 = 2,240 \text{ V}$ e $L_2 = 2,224 \text{ V}$. Após conectarmos os pinos 4 e 5, a diferença de potencial da lâmpada L_1 tinha o valor de $4,38 \text{ V}$ e o valor da diferença de potencial da lâmpada L_2 era de $0,5 \text{ V}$. Isto ocorreu porque após conectarmos o cabo aos pinos 4 e 5, a intensidade da corrente percorrida na lâmpada L_1 era maior do que o valor da intensidade enquanto as duas lâmpadas estavam ligadas.</i></p> <p><i>Sem o cabo: $L_1 = 2,240 \text{ V}$ $L_2 = 2,224 \text{ V}$</i></p> <p><i>Com o cabo: $L_1 = 4,38 \text{ V}$ $L_2 = 0,5 \text{ V}$</i></p>

Fonte: Autora

Finalizando a primeira etapa de atividades experimentais, identificamos que o objetivo de aprendizagem 5 foi atingido em partes, uma vez que todos os grupos apontaram que o valor da intensidade da corrente elétrica aumentou. Em contrapartida, nenhum grupo soube visualizar o circuito elétrico como um sistema e atribuir essa mudança de valores a determinada grandeza física.

Ainda, destacamos o relato do grupo G4, que indica ganhos de aprendizagem no objetivo de aprendizagem 4 (seção 3.1.3), trabalhado na atividade 4, quando mencionaram que a lâmpada que tiver maior resistência elétrica terá maior diferença de potencial.

5.2.6 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 6

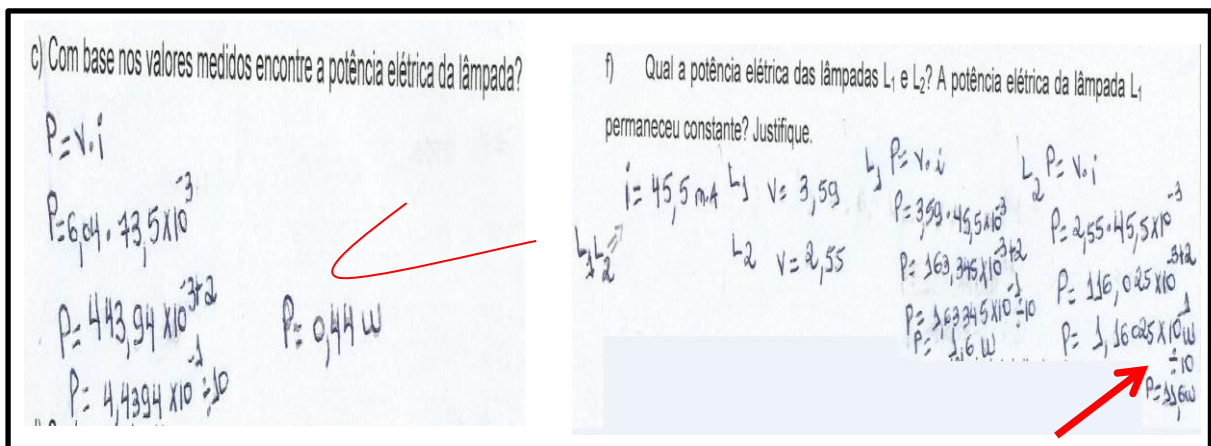
Ao finalizar as atividades 1 e 2 do guia experimental sobre Potência e Consumo de Energia Elétrica (Apêndice G), os alunos deveriam compreender que: “a potência elétrica é diretamente proporcional ao produto da diferença de potencial elétrico pela intensidade da corrente elétrica”. Este objetivo foi abordado do 14° ao 24° encontro.

Retomando o circuito elétrico da Figura 25, os alunos mediram a diferença de potencial elétrico nos extremos da lâmpada e a intensidade da corrente elétrica do circuito. Posteriormente, com os valores encontrados, desenvolveram um cálculo matemático e determinaram a potência elétrica da lâmpada e a energia elétrica consumida em uma hora (item c).

Na sequência da atividade, acrescentaram mais uma lâmpada (Figura 27) e refizeram as medidas para as duas lâmpadas (item f). Com os valores encontrados, efetuaram cálculos matemáticos e determinaram a potência elétrica das lâmpadas L_1 e L_2 .

Nos protocolos de atividades respondidas pelos alunos destacamos que os grupos G2, G3, G4, G5 e G6, conseguiram coletar as medidas, utilizar a equação $P = V \cdot i$, desenvolver os cálculos matemáticos e determinar a potência elétrica das lâmpadas nas duas situações. Destacamos os apontamentos do grupo G1, que conseguiu realizar com êxito o item c da atividade 1, porém no item f, apresentou erros na finalização do cálculo, conforme Figura 30:

Figura 30: Imagens da atividade 1, itens c, f do grupo G1



Fonte: Guia de Atividades Experimentais sobre Potência Elétrica e Consumo de Energia elétrica respondido pelos alunos

Para concluir a atividade, os estudantes foram questionados em que circuito a potência total dissipada era maior: item c (Figura 27, no guia identificada como Figura 1) ou no item f (Figura 27, no guia Figura 2). A partir dos relatos dos estudantes no guia, identificamos que os seis grupos responderam adequadamente, indicando o circuito da Figura 1, porém ao justificar a resposta, apenas o grupo G1 usou conceitos físicos pertinentes à situação e a relação entre os mesmos. O grupo G5 mencionou os conceitos de intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial, porém apresentou erros na justificativa, alegando que a corrente elétrica se dividiu entre as lâmpadas. Os grupos G2 e G6 citaram o conceito de intensidade da corrente, porém se equivocaram ao justificar, atribuindo o fato desta ser maior no circuito por se concentrar em apenas uma lâmpada. O grupo G4 não apresentou uma resposta adequada e o grupo G3 não justificou.

O Quadro 14 apresenta o relato dos alunos na atividade 1, item g do guia experimental (Apêndice G):

Quadro 14: Relato dos alunos na atividade 1, item g

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<i>Na Figura 1, porque a intensidade e a ddp são maiores no circuito da lâmpada L_1.</i>
G2	<i>A potência maior é a do circuito da Figura 1, porque o primeiro é constituído apenas por uma lâmpada e a intensidade da corrente e a potência são dissipadas por um único ponto. Já na Figura 2, a intensidade da corrente elétrica é distribuída entre as duas lâmpadas, aí sua potência diminui.</i>
G3	<i>Na Figura 1.</i>
G4	<i>A potência é maior na Figura 1, pois é uma lâmpada só. Na Figura 4 a potência se divide, diminuindo.</i>
G5	<i>A potência foi maior na Figura 1, porque a corrente elétrica e a diferença de potencial se divide para as duas lâmpadas, diminuindo, na Figura 2. Na Figura 1 aumentou a potência porque tinha uma lâmpada só.</i>
G6	<i>No circuito da Figura 1 é maior, pois a corrente elétrica se concentra em apenas uma lâmpada e a potência da mesma aumenta.</i>

Fonte: Autora

Prosseguindo as atividades do guia, na atividade 2, os alunos continuaram a explorar o circuito da Figura 27, montando-o com duas lâmpadas de modelos diferentes, sendo a potência de $L_1 > L_2$. O item a da atividade solicitava o valor da potência elétrica das lâmpadas.

Destacamos que os seis grupos identificaram que deveriam medir a intensidade da corrente elétrica e a diferença de potencial elétrico para determinar a potência elétrica das lâmpadas. Os grupos G1, G2, G3 e G5, trocaram a posição das lâmpadas, coletando os dados de forma que a potência de $L_1 < L_2$.

Os grupos G4 e G6 montaram o circuito adequadamente, sendo a potência de $L_1 > L_2$, fazendo as medições necessárias e resolveram o cálculo da potência das lâmpadas adequadamente (Figura 26). Quando questionados sobre brilho das lâmpadas (item b), os dois grupos mencionaram que a lâmpada L_1 apresentava maior brilho, sendo que o grupo G4 apresentou uma definição mais adequada, relacionando o brilho das lâmpadas ao conceito de potência elétrica.

Figura 31: Imagens da atividade 2, item a do grupo G4

a) Qual a potência elétrica das lâmpadas L_1 e L_2 ?

L_1 L_2

$V = 6,20$ $V = 3,10$

$i = 9,30 \text{ mA}$ $i = 9,30 \text{ mA}$

$P = U \cdot i$

$P = 6,20 \cdot 9,30 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

$P = 57,66 \cdot 10^{-2}$

$P = 5,766 \cdot 10^{-2}$

$P = 0,05766 \text{ W}$

L_2

$P = U \cdot i$

$P = 3,10 \cdot 9,30 \cdot 10^{-3}$

$P = 28,83 \cdot 10^{-3}$

$P = 2,883 \cdot 10^{-2}$

$P = 0,02883 \text{ W}$

b) Qual das lâmpadas apresenta maior brilho? Justifique.

Fonte: Guia de Atividades Experimentais sobre Potência Elétrica e Consumo de Energia Elétrica respondido pelos alunos

Os grupos G1, G2, G3 e G5, responderam equivocadamente que a lâmpada L_2 brilhava mais, pois coletaram as medidas sendo a potência de $L_1 < L_2$. Analisando o item b, quanto ao brilho das lâmpadas, identificamos que o grupo G2 não justificou a questão. O grupo G3, incorretamente fez a associação entre os conceitos de intensidade da corrente elétrica e resistência. Os grupos G1 e G3, responderam em parte a questão, associando o brilho da lâmpada a intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial, faltando relacionar com o conceito de potência elétrica.

O Quadro 15 apresenta a transcrição dos relatos dos alunos no item b da atividade 2:

Quadro 15: Relato dos alunos na atividade 2, item b

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<i>O brilho é proporcional a intensidade da corrente elétrica e a resistência elétrica também. A intensidade da corrente elétrica é sempre a mesma para ambas embora L_2 brilha mais devido a sua resistência ser maior que a da lâmpada L_1.</i>
G2	<i>A lâmpada L_2.</i>
G3	<i>L_2. O brilho é proporcional a intensidade da corrente elétrica e a resistência.</i>
G4	<i>A lâmpada L_1 porque possui maior resistência, maior diferença de potencial, logo a potência é maior.</i>
G5	<i>A lâmpada que apresenta maior brilho é a lâmpada L_2 porque a diferença de potencial é maior que da lâmpada L_1.</i>
G6	<i>A que apresenta mais brilho é a lâmpada L_1, porque a diferença de potencial é maior e ela tem maior resistência.</i>

Fonte: Autora

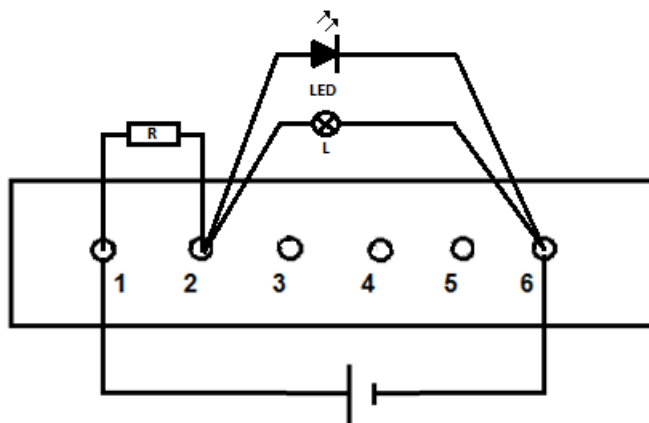
Na atividade 3 do guia (Apêndice G), os alunos foram desafiados a montar um circuito elétrico com uma lâmpada incandescente e um LED, conforme a Figura 27. No item a da questão mencionada, eles deveriam identificar quais as medidas elétricas que precisariam ser

realizadas para medir a potência elétrica da lâmpada e do LED, assim como descrever os procedimentos para efetuar essa ação.

A partir dos relatos dos alunos (Quadro 16) identificamos que os seis grupos corretamente responderam que deveriam ser coletadas as medidas da intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial elétrico, embora nenhum grupo tenha descrito quais procedimentos adotaria para coletar esses valores. O grupo G6 em seu relato usou um conceito equivocado, ao descrever que para medir a diferença de potencial elétrico deveria usar um amperímetro. O grupo G5 descreveu em que posições colocaria o aparelho multíteste para realizar as medições.

O Quadro 16 apresenta a descrição dos relatos dos alunos no item d da atividade 3:

Figura 32: Circuito elétrico da atividade 3



Fonte: Autora

Quadro 16: Relato dos alunos na atividade 3, item d

GRUPO	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
G1	<p>Calcular: intensidade da corrente e ddp.</p> <p>Para mensurar a intensidade da corrente elétrica precisamos de amperímetros e fios.</p> <p>Para medir a ddp entre os pólos 2 e 6, porque a tensão que percorre ambas é a mesma.</p>
G2	<p>Medir a intensidade da corrente para saber a diferença de potencial das lâmpadas.</p>
G3	<ul style="list-style-type: none"> • Intensidade da corrente elétrica. • Ddp.
G4	<p>Para calcular a potência elétrica do led precisamos medir a diferença de potencial e a intensidade da corrente elétrica.</p>
G5	<p>Medir com o multíteste na função V a diferença de potencial e a intensidade da corrente elétrica na função mA.</p>
G6	<ul style="list-style-type: none"> • Para resolver a potência é preciso medir a intensidade da corrente elétrica e a diferença de potencial. • Para medir a intensidade da corrente elétrica é preciso conectar o amperímetro nos dois pontos das lâmpadas 2 e 6.

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Para medir a diferença de potencial é preciso usar um amperímetro para cada lâmpada para achar a diferença de cada um.</i> |
|--|---|

Fonte: Autora

Encerrando as atividades referentes ao objetivo 6, possuímos indícios para afirmar que o objetivo de aprendizagem 6 (seção 3.1.3) foi alcançado, uma vez que os alunos identificaram que para medir a potência elétrica, precisam conhecer o valor das grandezas físicas: intensidade da corrente elétrica e diferença de potencial elétrico.

Ainda ressaltamos que, embora os grupos G1, G2, G3 e G5 tenham se equivocado ao montar o circuito solicitado na atividade 2 e não tenham respondido que o brilho das lâmpadas estava relacionado à potência elétrica das mesmas, eles apresentaram ganhos de aprendizagem, uma vez que o grupo G6 retomou o objetivos 4 (seção 3.1.3) ao relacionar a diferença de potencial elétrico à resistência elétrica. O grupo G1 apontou que a lâmpada e o LED estavam ligados a mesma tensão, e o grupo G5 mostrou conhecer as funções do aparelho multíteste.

5.2.7 ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE O OBJETIVO 7

Na sequência de atividades experimentais, o último objetivo a ser avaliado consistia na compreensão dos estudantes quanto ao consumo de energia elétrica ser diretamente proporcional à potência elétrica multiplicado pelo tempo de uso do aparelho. Esse objetivo foi abordado do 14 ° ao 24° encontro, sendo trabalhado nas atividades 1, 2 e 3 do Guia Experimental (Apêndice G).

Na atividade 1, os alunos mediram a diferença de potencial e a intensidade da corrente elétrica do circuito com um lâmpada (Figura 20) e calcularam a potência elétrica da lâmpada. No item c da atividade, responderam qual a energia elétrica consumida pela lâmpada durante uma hora. Verificando o protocolo das atividades nos guias desenvolvidos pelos alunos, identificamos que todos os grupos foram capazes de encontrar o valor da energia elétrica consumida pela lâmpada, respondendo na unidade de medida esperada, o Wh (watt-hora). A atividade 2 também foi concluída com êxito pelos grupos. Após coletar as medidas necessárias, os alunos determinaram a potência elétrica de um circuito com duas lâmpadas (Figura 22) e no item c da atividade 1 (Apêndice G), determinaram a energia elétrica consumida pelas as lâmpadas (individualmente) durante uma hora.

Na atividade 3 do Guia Experimental (Apêndice G), os estudantes determinaram a potência elétrica da lâmpada e do LED (Figura 45), após coletar as medidas necessárias. No item

f da referida questão, foram desafiados a determinar quanto tempo a lâmpada precisaria ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica consumida pelo LED durante uma hora.

Nos protocolos dos guias respondidos pelos alunos, destacamos que os grupos G1, G3, G4 e G6, resolveram adequadamente os cálculos matemáticos e chegaram ao valor esperado. Os grupos determinaram a potência elétrica do LED e, a partir desse valor, encontraram o tempo que a lâmpada ficaria para consumir a mesma quantidade de energia elétrica consumida pelo LED. Ainda, mencionamos que os quatro grupos citados, complementaram a questão, determinando o valor do tempo em minutos, ou seja, usaram propriedades matemáticas adequadas e fizeram a transformação de unidades de tempo: de horas para minutos, conforme ilustra a Figura 33:

Figura 33: Imagens da atividade 3, item f, dos grupos G1, G3, G4 e G6

<p>f) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?</p> <p><i>led</i></p> $E = P \cdot \Delta t$ $E = 0,0174 \cdot 1$ $E = 0,0174 \text{ W/h}$ $E = P \cdot \Delta t$ $0,0174 = 0,473 \Delta t$ $\frac{0,0174}{0,473} = \Delta t$ $\Delta t = 0,32 \text{ h}$ <p>$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$</p> $0,32 \cdot 60 = X$ $X = 19,2 \text{ min}$ <p>G1</p>	<p>f) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?</p> <p><i>led</i></p> $E = P \cdot \Delta t$ $E = 0,0174 \cdot 1$ $E = 0,0174 \text{ W/h}$ $E = P \cdot \Delta t$ $0,0174 = 0,1473 \Delta t$ $\frac{0,0174}{0,1473} = \Delta t$ $\Delta t = 0,12 \text{ h}$ <p>$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$</p> $0,12 \cdot 60 = X$ $X = 7,2 \text{ min}$ <p>G3</p>
<p>f) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?</p> $E = P \cdot \Delta t$ $E = 0,03 \cdot 1$ $E = 0,03 \text{ W/h}$ $E = P \cdot \Delta t$ $0,03 = 0,15 \Delta t$ $\frac{0,03}{0,15} = \Delta t$ $\Delta t = 0,2$ <p>$60 \text{ min} \cdot 0,2 = 12 \text{ min}$</p> <p>ENERGIA LED POR UMA HORA</p> $E = P \cdot \Delta t$ $E = 0,03 \cdot 1$ $E = 0,03 \text{ W/h}$ <p>G4</p>	<p>f) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?</p> <p><i>lâmpada</i></p> $E = P \cdot \Delta t$ $0,107 = 0,178 \Delta t$ $\frac{0,107}{0,178} = \Delta t$ $\Delta t = 0,60$ <p><i>LED</i></p> $E = P \cdot \Delta t$ $E = 0,107 \cdot 1$ $E = 0,107 \text{ W/h}$ <p>$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$</p> $0,60 \cdot 60 = X$ $X = 36 \text{ min}$ <p>G6</p>

Fonte: Guia de Atividades Experimentais sobre Potência Elétrica e Consumo de Energia Elétrica respondido pelos alunos

Ainda, na questão mencionada anteriormente, identificamos que o grupo G2, determinou o tempo solicitado na atividade respondendo na unidade horas. O grupo G5 não conseguiu finalizar a atividade.

Na Figura 34 apresentamos as imagens das respostas dos grupos G2 e G5 na atividade 3, item f, do guia de atividades experimentais:

Figura 34: Imagens da atividade 3, item f, dos grupos G2 e G5

f) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?

G2

$E = P \cdot \Delta t$
 $E_L = P_L \cdot \Delta t$
 $0,03 = 0,15 \cdot \Delta t$
 $0,03 = 0,15 \Delta t$
 $\frac{0,03}{0,15} = \Delta t$
 $\Delta t = 0,2$

$E = P \cdot \Delta t$
 $E = 0,03 \cdot 1$
 $E = 0,03 \text{ WtR}$

G5

f) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?

LED $E = P \cdot \Delta t$
 $E = 0,026 \cdot 1$
 $E = 0,026 \text{ WtR}$

Lâmpada
 $E = P \cdot \Delta t$
 $E = 0,13 \cdot 1$
 $E = 0,13$

?

Fonte: Guia de Atividades Experimentais sobre Potência Elétrica e Consumo de Energia Elétrica respondido pelos alunos

Encerrando as atividades propostas no Guia Experimental (Apêndice G), temos indícios que os alunos atingiram o objetivo de aprendizagem 7 (seção 3.1.3), uma vez que os grupos de estudantes concluíram com êxito as atividades propostas, demonstrando reconhecer que, para calcular a energia elétrica consumida por uma lâmpada ou LED, necessitam dos valores da potência elétrica e do tempo de uso.

Registramos que a análise qualitativa está de acordo com a análise quantitativa. Observamos qualitativamente que os grupos atingiram os sete objetivos propostos (seção 3.1.3) e demonstraram melhorias no processo de aprendizagem em vários aspectos no decorrer da intervenção pedagógica. Esse resultado está de acordo com a análise quantitativa, em que verificamos no gráfico da Figura 19, comparando os resultados das questões do pré para o pós-teste em todos os objetivos, que houve crescimento no desempenho dos alunos.

Por fim, destacamos o objetivo 5 (seção 3.1.3) em que os alunos tiveram dificuldades de responder as questões apresentadas no guia de atividades experimentais (Apêndice E). Entretanto, ao realizarmos a *reconciliação integrativa* (AUSUBEL, 2000) durante todos os momentos das aulas, retomando e discutindo as questões propostas do guia, identificamos que os estudantes puderam superar as dificuldades e responder corretamente as questões do pós-teste, onde verificamos no gráfico da Figura 19, que mais de oito alunos ($\cong 57\%$) responderam corretamente as questões propostas.

6 AVALIAÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Nesta seção, apresentamos os relatos dos alunos nos questionários investigativos (Apêndice J), que foram aplicados ao final das atividades computacionais e experimentais. Os questionários, referente às atividades computacionais foram respondidos por 18 alunos e o questionário referente às atividades experimentais foram respondidos por 16 estudantes. Destacamos que as questões investigativas propostas nos dois questionários são idênticas e, nesse sentido optamos propositalmente por apresentá-los dessa maneira, objetivando coletar indícios das dificuldades, facilidades, aprendizagens e ainda, coletar alguns relatos dos estudantes sobre as atividades desenvolvidas.

No decorrer do texto comentaremos as respostas dos alunos ao responder o questionário investigativo sobre as atividades computacionais, objetivando acompanhar o processo de aprendizado dos estudantes desde as atividades iniciais até as atividades experimentais. Orientados pelo conceito da *reconciliação integrativa* (AUSUBEL, 2000), as atividades experimentais retomam os conceitos aprendidos nos textos de introdução teórica e simulação computacional.

6.1 QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO SOBRE ATIVIDADES DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Primeiramente, perguntamos aos alunos quais foram às dificuldades enfrentadas na realização das atividades. Identificamos nas respostas que, alguns estudantes responderam que não enfrentaram dificuldades, entretanto outros mencionaram que tiveram dificuldades de montar o circuito elétrico com o simulador. Dois alunos comentaram que enfrentaram dificuldades de expressar suas conclusões e um estudante mencionou que se confundiu com as perguntas, o que indica que os alunos citados enfrentaram dificuldades de identificar as grandezas físicas e relacioná-las, assim como interpretar as questões propostas nos guias.

Transcrevemos abaixo os relatos de alguns alunos sobre as dificuldades enfrentadas na realização das atividades de simulação computacional:

Sim, tive bastante dificuldade em algumas coisas. Quando pedia para usar amperímetro, voltímetro e interruptor, tudo no mesmo desenho, eu me perdia um pouco (Aluno 1).

Um pouco, mas em grupo ficou mais fácil. Eu tive dificuldades na hora de elaborar as conclusões (Aluna 2).

Dificuldades de montar os circuitos elétricos (Aluna 5).

Dificuldades nem tanto, de começo era ajustar o circuito elétrico, mas isso já foi resolvido, depois que pega o jeito a dificuldade some; a atividade fica mais fácil e as aulas bem produtivas (Aluna 7).

Sim, tive nos últimos exercícios onde a gente deveria usar mais itens na hora de montar para medir a corrente elétrica (Aluna 10).

Sim, me perdia nos nomes dos conteúdos, confundia um com os outros (Aluno 12).

Em algumas questões eu tive dificuldades em expressar as minhas respostas, em outras realizei muito bem (Aluna 17).

Posteriormente, os alunos foram questionados sobre o que aprenderam com as atividades de simulação computacional. Verificando as respostas dos estudantes, destacamos que a maioria comenta que aprendeu sobre o funcionamento e montagem de um circuito elétrico. Nos depoimentos, alguns alunos relataram a aprendizagem referente à intensidade da corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica das lâmpadas.

Abaixo, estão descritos os relatos de alguns estudantes na questão em que foram indagados sobre o que aprenderam com as atividades de simulação computacional. Registramos o depoimento de um aluno, o qual menciona que aprendeu sobre o voltímetro, e de uma aluna, que destaca a aprendizagem sobre os interruptores.

A montar circuitos elétricos, aprendi sobre correntes elétricas, aprendi a diferença de potencial, aprendi a resistência (Aluna 9).

Eu aprendi mais sobre o que acontece com a energia elétrica e como chega até nós (Aluna 14).

Aprendi sobre a resistência da lâmpada, corrente elétrica e como usar o voltímetro e medir a diferença de potencial (Aluna 17).

Aprendi como funciona o sistema de voltagem das lâmpadas e como funcionam os interruptores (Aluna 18).

Quando os estudantes foram indagados sobre as dúvidas que tiveram após as atividades, a maioria respondeu que haviam sido esclarecidas.

Nesta questão, um aluno respondeu que apresentou dificuldades em reconhecer as grandezas físicas diferença de potencial e intensidade da corrente elétrica, o que indica que enfrentou obstáculos no momento de interpretar o enunciado das atividades. Neste instante retomamos as ideias de Moreira (2005, 2012) que propõe onze princípios para efetivar a ocorrência de uma aprendizagem significativa crítica. Um dos princípios para a aprendizagem se efetivar é pelo erro. O autor menciona que errar é naturalmente humano e se aprende através da superação dos erros. Logo, para este aluno, fez parte do processo de aprendizagem a superação das dificuldades com o reconhecimento das grandezas físicas.

Ainda, destacamos o testemunho de uma aluna que menciona dificuldades de escrever suas conclusões acerca do que estava sendo questionado no guia e de um estudante que aponta dúvidas na aprendizagem com o uso do voltímetro.

A seguir transcrevermos os relatos de três alunos, acerca das dúvidas após a realização das atividades:

A minha dúvida era saber se a intensidade da corrente e a diferença de potencial fossem a mesma coisa (Aluno 12).

Não tive nenhuma dúvida, só não sei achar as palavras certas para demonstrar o que estou percebendo (Aluna 14).

Pra mim ficou a dúvida de como funciona o amperímetro e o voltímetro. Não entendi como exatamente o voltímetro funciona (Aluna 18).

Para finalizar as questões do questionário, perguntamos aos alunos o que eles gostariam que fosse destacado na próxima aula acerca do que fora explorado nas atividades de simulação computacional. A grande maioria dos alunos escreveu que não gostaria de retomar nenhum aspecto dos que haviam sido trabalhados em aula. Três alunos escreveram em seus relatos que encontram dúvidas quanto ao conhecimento das grandezas físicas presentes nos circuitos elétricos e às relações entre as mesmas. Ainda, um aluno sugeriu que fossem trabalhadas mais atividades com lâmpadas e baterias.

Apresentamos abaixo os depoimentos de quatro alunos referentes às questões que eles gostariam que fossem destacadas no trabalho com as atividades de simulação computacional.

Gostaria de voltar a trabalhar com as lâmpadas e bateria como tinha sido na aula passada (Aluna 5).

Acredito como medir a intensidade da corrente elétrica, mais algum exercício ou explicação (Aluna 10).

Mais sobre “âmpere” e sobre “voltímetro” (Aluno 11).

Sobre a intensidade, pois fiquei meio confuso e queria aprender mais sobre ela (Aluno 12).

Os destaques feitos pelos alunos e citados a cima, foram resgatados durante o desenvolvimento das atividades experimentais, em que foram retomados os conceitos físicos presentes no estudo de circuitos elétricos.

6.2 QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO SOBRE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Na primeira questão do questionário (Apêndice J), os alunos foram indagados sobre as dificuldades encontradas na realização das atividades experimentais. Analisando os relatos dos alunos, constatamos que a maioria dos estudantes mencionou que não apresentou dificul-

dades em nenhuma das atividades propostas. Apenas três estudantes responderam contrariamente. Desses alunos, apenas um justificou a questão, relatando que sua dificuldade foi em utilizar o aparelho multiteste. Os outros dois estudantes não especificaram quais foram às dificuldades que tiveram nas atividades experimentais. As respostas desses alunos estão transcritas abaixo:

Sim tive, por falta de atenção minha (Aluna6).

Algumas vezes sim, pois quando faltei à aula. Quando voltei fiquei meio perdida mas consegui fazer tudo direitinho com meu grupo (Aluna 10).

A minha dificuldade foi com o multímetro (Aluna 15).

Ao verificarmos as respostas dos estudantes quando foram questionados sobre o que aprenderam com as atividades experimentais, identificamos que a maioria dos estudantes respondeu aprendeu mais sobre eletricidade e a montar os circuitos elétricos, não especificando os conceitos envolvidos. Duas alunas apontaram que foi mais fácil realizar as atividades propostas com o kit experimental (Apêndice I) do que com o simulador Phet. Ainda, uma estudante cita que aprendeu que as lâmpadas de LED são mais econômicas e um aluno destaca o conceito de potência elétrica. As respostas de alguns estudantes estão reproduzidas abaixo:

Aprendi que ao vivo fica mais fácil de montar o circuito do que no computador (Aluna 1).

Ficou mais fácil de montar o circuito elétrico. Tivemos mais contato com lâmpadas, fios e amperímetros. Também consegui ver que as lâmpadas de LED são mais econômicas (Aluna 2).

Aprendi mais sobre potência elétrica, aprendi a montar circuitos, aprendi a montar contas que não sabia. Aprendi também a prestar mais atenção na hora de montar os circuitos (Aluna 9).

Aprendi muitas coisas legais sobre energia elétrica e também sobre potência elétrica (Watts) (Aluno 13).

Aprendi mais sobre a energia elétrica (Aluna 14).

Aprendi como utilizar em baterias e lâmpadas (Aluno 16).

Na sequência das questões, perguntamos aos estudantes quais foram às dúvidas após as atividades. A maioria da turma respondeu que não tiveram dúvidas. Três alunos mencionaram que tiveram dúvidas em montar e/ou realizar os cálculos e uma aluna escreveu que encontrou dificuldades, entretanto não especificou quais foram elas. Os relatos mencionados estão transcritos abaixo:

Tive algumas dúvidas, mas ao chamar os professores deu para entender o que faltava (Aluna 1).

Tive dúvidas na hora de montar os cálculos, mas com a ajuda dos professores consegui montar o cálculo certo e minhas dúvidas foram esclarecidas (Aluna 2).

Sobre as contas somente e como usar o multímetro (Aluna 9).

As minhas dúvidas foram na hora de calcular (Aluno 15).

Na última questão de investigação, solicitamos aos alunos que destacassem o que gostariam que fosse trabalhado na próxima aula a respeito das atividades. Muitos estudantes destacaram a atividade dos Clickers (ARAÚJO e MASUR, 2013), o que nos fez refletir sobre as ideias de Moreira (2005, 2012) em que para a ocorrência de uma aprendizagem significativa crítica se faz necessário o *princípio da diversidade de estratégias*, ou seja, utilizar diferentes estratégias de ensino que tenham participação efetiva e ativa dos alunos. Ainda na avaliação dos estudantes, muitos comentaram das atividades experimentais com fios, lâmpadas e LEDs.

A seguir, transcrevemos o relato dos alunos sobre o que eles gostariam que fosse destacado na próxima aula a respeito das atividades experimentais:

Não gostaria que fosse destacado nada, mas se tivesse que escolher, queria os LEDs e os clickers (Aluna 1).

Como trabalhar com o multímetro e relembrar algumas atividades que fizemos em sala de aula, debater o que aprendemos ou não, seria muito bom (Aluna 9).

Mais destacado a função dos LEDs para aprender mais sobre esse tipo de energia mais econômica (Aluno 11).

Como eu vou explicar, não tem como eu destacar uma só atividade porque eu gostei de todas. Mas eu gostei mesmo da última atividade dos clickers e também gostei das atividades práticas de montar os circuitos elétricos com fios e lâmpadas (Aluno 13).

Eu gostaria de mais atividades experimentais (Aluno 15).

Gostaria de destacar o que acontece com as lâmpadas de LED, porque serem mais caras e consomem menos energia do que as outras e destacar que a última aula com o controle, que a gente votava foi a melhor (Aluna 14).

Bastante prática com outras coisas, gostei muito das práticas que fizemos (Aluno 16).

Ao finalizarmos essa seção de análise, identificamos que a maioria dos alunos descreve que aprenderam a montar os circuitos elétricos, reconhecer as grandezas físicas presentes e identificar as relações entre as mesmas. Embora alguns estudantes tenham encontrado dificuldades de interpretar as questões propostas no guia de simulação computacional (Apêndice D) e escrever sobre o que estavam observando, entendendo e relacionando, essas dificuldades foram superadas ao longo do trabalho, pois os conceitos físicos e relações existentes entre os elementos do circuito elétrico foram retomadas com atividades experimentais (Apêndices E e

G). Diante disso, temos indícios de que as duas condições mínimas para ocorrência da aprendizagem significativa foram satisfeitas, uma vez que foram proporcionados materiais de instrução (guias de simulação computacional e de atividades experimentais) e estes tiveram significado lógico para os estudantes, pois ao longo da proposta eles foram relacionando o que estavam aprendendo com seus conhecimentos prévios.

Ainda, destacamos que os alunos se dispuseram a fazer a interação (diferenciando e integrando) entre os novos conhecimentos e os prévios (existentes em sua estrutura cognitiva) e, no decorrer do trabalho foram modificando e enriquecendo as concepções prévias que possuíam sobre circuitos elétricos. Por fim, concluímos que as atividades cumpriram o papel de tornar os alunos protagonistas do seu aprendizado, falando mais e ouvindo menos. Assim, favorecendo o estabelecimento do princípio do abandono da narrativa (MOREIRA, 2005, 2012), pois as atividades não estavam centralizadas na figura do professor e durante o processo de ensino aprendizagem os alunos puderam participar ativamente, coletando as medidas e associando os valores encontrados as grandezas físicas e suas relações.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das dificuldades que encontrei no início da carreira no Magistério foi em atuar como regente de classe na componente curricular de Física, uma área do conhecimento que não é a mesma de minha formação acadêmica inicial (Licenciatura em Matemática). Inicialmente enfrentei dificuldades em propor atividades diferenciadas, que exploravam os conceitos, definições e leis que regem determinado conhecimento – embora esteja em permanente processo de formação continuada - principalmente quando não encontrava orientações em livros didáticos, meios de comunicação e demais materiais educacionais. Por não possuir Licenciatura em Física, foi desafiador refletir, planejar e organizar uma sequência didática com atividades experimentais, as quais tive apenas noções iniciais na formação acadêmica, cursando as componentes curriculares de Laboratório de Física 1 e 2. Desse modo, a elaboração da proposta didática apresentada neste trabalho contribuiu para meu aperfeiçoamento profissional, uma vez que propiciou o contato com novas teorias, metodologias e práticas educacionais, assim como oportunizou uma reflexão sobre minha atuação como docente, desencadeando um novo olhar acerca da educação. A implementação desta proposta, oportunizou repensar em novas estratégias pedagógicas que venham a contribuir para a aprendizagem significativa dos alunos, de modo a oferecer um ensino contextualizado, que possa ser aplicável a sua realidade e principalmente que corresponda a seus interesses e anseios.

Para escrever os textos, da forma mais clara possível para os estudantes, com introdução teórica sobre Circuitos Elétricos e Potência Elétrica, foi necessário um estudo em diversos livros didáticos, assim como propor exercícios de fixação que levassem os alunos a organizar seus pensamentos e externalizar seus conhecimentos. A utilização do simulador PHET, já incorporado a minha prática docente, contribuiu para o enriquecimento da exposição e aprofundamento do conteúdo. O uso de atividades experimentais foi fundamental para o aprendizado dos alunos, uma vez que os estudantes manipulavam a todo o momento com o kit experimental, coletando medidas e relacionando os valores encontrados a grandezas físicas, assim como reconhecendo as relações existentes entre as mesmas. Através das questões propostas nos guias de atividades, os alunos foram organizando suas concepções prévias e incorporando os novos conhecimentos.

Considerando relevante a formação de conceitos através de atividades práticas, nas simulações computacionais e posteriormente com atividades experimentais, passei a incentivar os estudantes a utilizar a criatividade, pensamento crítico, capacidade de reflexão e argumentação, em situações em que antes trabalhava somente com caneta e quadro branco.

A implementação da sequência didática foi ancorada na Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. Os materiais didáticos foram construídos a partir dos dados coletados sobre os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática Circuitos Elétricos. Durante o desenvolvimento da proposta, foram oportunizados momentos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, uma vez que os conceitos e relações entre os mesmos foram apresentadas no mais alto nível de abstração e no decorrer da proposta foram sendo detalhados. A todo o momento, os novos conhecimentos eram retomados, para acompanhamento da aprendizagem.

As atividades apresentadas visaram uma aprendizagem significativa crítica, pois segundo Moreira (2012) não basta aprender novos conhecimentos é preciso aprendê-los criticamente, sabendo questioná-los. Para ocorrência dessa forma de aprendizagem, buscou-se seguir os princípios sugeridos pelo autor, o *princípio do conhecimento prévio* (aplicação do pré-teste e desenvolvimento das atividades a partir dos resultados encontrados); *princípio da interação social e do questionamento* (os alunos trabalharam em grupos e durante o desenvolvimento da proposta faziam suas conclusões, apresentando suas dúvidas e indagações); *princípio da diversidade de materiais e da diversidade de estratégias* (foram utilizados textos com introdução teórica, simulação computacional e atividades experimentais), *princípio do aluno como perceptor /representador* (os estudantes refletiam acerca dos dados que estavam reunindo para elaborar suas conclusões e discutir sobre as aprendizagens); *princípio da aprendizagem pelo erro e do abandono da narrativa* (através das atividades de simulação e experimentais os alunos tornaram-se os protagonistas de sua aprendizagem, trabalhando ativamente na construção dos circuitos elétricos com fios, lâmpadas e LEDs e determinando medidas necessárias para elaborar suas conclusões).

Na análise dos objetivos de aprendizagem, identificamos que os objetivos propostos no decorrer da aplicação da intervenção pedagógica foram atingidos, pois os grupos de alunos evidenciaram, ao longo do desenvolvimento das atividades propostas com os guias experimentais (Apêndice E e G), reconhecer as grandezas físicas presentes no estudo de circuitos elétricos, visualizando o circuito elétrico como um sistema (objetivo 5 da seção 3.1.3), identificando as relações entre as grandezas presentes (objetivos 1, 2, 3 e 4), compreendendo a definição de potência elétrica e consumo de energia elétrica e desenvolvendo cálculos matemáticos para determinar o valor dessas grandezas (objetivos 6 e 7). Evidenciamos também, outros ganhos no processo de aprendizagem, uma vez que os alunos demonstraram, através de seus relatos, que aprenderam a montar circuitos elétricos e fazer medições utilizando o aparelho multiteste. Apontamos como fator positivo no processo de aprendizagem, a discussão e

reflexão entre os alunos, sobre o consumo de energia elétrica e do uso de lâmpadas e LEDs de alto brilho.

Em relação ao objetivo 5, nas atividades do guia experimental (Apêndice E), esperávamos que os alunos entendessem que uma alteração no circuito pode provocar simultaneamente alterações ao longo de todos componentes do circuito. No caso da atividade nº 5 do guia citado, o esperado era que os alunos se dessem conta que ao ligar um fio aos terminais da lâmpada L_2 , a intensidade da corrente elétrica seria muito maior no fio do que na lâmpada L_2 (resistência elétrica do fio muito menor que a da lâmpada) e assim a resistência equivalente do circuito diminui (passando a ser igual à resistência da lâmpada L_1 e antes era a soma das resistências das duas lâmpadas). Em relação à lâmpada L_1 a resposta esperada nesta atividade era que a intensidade da corrente elétrica não é suficiente para ascender a lâmpada, e ainda sobre a lâmpada L_2 que o aumento do brilho se deu pelo aumento da intensidade da corrente elétrica no circuito, ocasionada pela diminuição da resistência equivalente. Como os alunos apresentaram dificuldades para desenvolver tais conclusões, supomos que poderíamos ter tido melhores resultados se tivéssemos abordado as divisões de corrente em ramos distintos de um circuito (associação de dispositivos em paralelo) e ter usado mais de um aparelho multiteste ligado ao circuito quando os alunos realizavam as alterações, para visualizarem as alterações ao longo do circuito.

Com os resultados obtidos a partir da implementação da intervenção pedagógica, ressaltamos a importância do foco inicial no ensino dos conceitos relativos a circuitos elétricos, tais como intensidade da corrente elétrica, resistência elétrica e diferença de potencial, assim como aprofundadas as relações existentes entre eles. A atenção a esses conceitos e relações torna-se necessária para criar melhores condições ao ensino do conceito de potência elétrica. Assim, salientamos que o conjunto de atividades desenvolvidas envolve atividades iniciais que tiveram por objetivo propiciar conhecimentos prévios aos alunos sobre as grandezas físicas necessárias para o aprendizado do conceito de potência elétrica e ao final atividades englobando os conceitos de potência e energia elétrica. Cabe destacar que não foram abordadas questões importantes como a diferenciação entre fonte ideal e real, o ensino da Lei de Ohm e associações de resistores em paralelo e mista.

Destacamos ainda, que os alunos participaram ativamente de todas as aulas, estando motivados na execução das atividades e participativos nos momentos de discussões. Conclui-se que a organização da sequência didática contribuiu para a aprendizagem do conhecimento científico acerca de Circuitos Elétricos e também para incentivar os alunos no

processo de ensino, tornando os conceitos da Física mais próximos de sua realidade. Assim, após analisar os resultados aqui expostos, identificamos que os materiais instrucionais apresentados nesta produção educacional se mostraram potencialmente significativos em nossa intervenção pedagógica, sendo capazes de despertar o interesse em aprender dos estudantes e a propiciar condições favoráveis à aprendizagem significativa crítica.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Editora Paralelo, 2000.

ARAÚJO, Ives S.; MASUR, Eric. *Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de física*. Caderno Brasileiro Ensino Física, v. 30, n. 2: p. 362-384, ago. 362 2013.

BARCELLOS, Adriano S. *Objeto virtual de aprendizagem: resolução de exercícios de um teste conceitual envolvendo os conceitos de Energia Elétrica e Potência Elétrica e sua relação com os conceitos de Tensão, Corrente e Resistência Elétrica*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). 87f. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *PCN + Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretária da Educação Fundamental, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Senado Federal. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Nº9394/96. Brasília, 1996.

DAMIANI, Magda F.; ROCHEFORT, Renato S.; CASTRO, Rafael F; DARIZ, Marion R.; PINHEIRO, Silvia S. *Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica*. Pelotas: UFPEL, 2013.

CIEP. Secretaria da Educação. *Projeto Político Pedagógico da Escola Ciep*. Bagé: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 13ª Coordenadoria Regional de Educação, 2015.

DORNELES, Pedro F. T. *Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de Eletromagnetismo em Física Geral*. Tese de Doutorado. 367f. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

FERNANDES, Moacir B. *Eletricidade: uma sequência para o Ensino Médio Integrado*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). 164f. Bagé: Universidade Federal do Pampa, 2015.

GASTALDO, Luís F; OLIVEIRA, Gilberto O. *Desenvolvimento de um aplicativo didático de uma Hipermídia voltada ao ensino de eletricidade com o uso de um feedback processual como ferramenta de controle da navegação*. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, Vitória/ES, 2009

LATOSINSKI, Elder da S. *Uma proposta inovadora para o ensino de temas estruturantes de Física a partir de conceitos de eletrodinâmica*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). 96f. Porto Alegre: UFRGS, 2013.

MOREIRA, Marco A. *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

MOREIRA, Marco A. *Aprendizagem significativa: um conceito subjacente*. In: II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo, 1997, Burgos. Actas del II Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Burgos: Universidad de Burgos, 1997. p. 19-44.

MOREIRA, Marco A. *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005. 44 p.

MOREIRA, Marco A. *A teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Universidade Federal de Brasília, 2006. 186 p.

MOREIRA, Marco A. *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco A. *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011.

SILVEIRA, Fernando L. *Determinando a significância estatística para as diferenças entre médias*. Acessível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf. Acesso em 01/10/2016.

ÂPENDICE A: TERMO DE ESCLARECIMENTO LIVRE E CONSENTIDO

Dados de identificação

Título do Projeto: **O ENSINO DO CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA NO ENSINO MÉDIO**

Pesquisador Responsável: **TAÍS PINTO RODRIGUES SALDANHA**

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: UNIPAMPA-CAMPUS BAGÉ

Telefones para contato: (53) 81130787

Nome do voluntário: _____

Idade: _____ anos R.G. _____

O(a) Prof(a) **TAÍS PINTO RODRIGUES SALDANHA** é aluno regularmente matriculado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Este programa visa à diversificação e qualificação do ensino de ciências na Educação Básica, proporcionando a seus alunos contato com o uso de novas tecnologias e novas práticas pedagógicas. Visando cumprir com os requisitos do programa, o(a) professor(a) necessita aplicar, em sala de aula, uma metodologia inovadora. Estas metodologias não irão, de forma alguma, expor os participantes a situações desconfortáveis ou inseguras, assim como eventuais filmagens e fotografias serão utilizadas exclusivamente para a análise, por parte do pesquisador, da eficácia de sua proposta didática inovadora.

Em casos de dúvidas, os voluntários poderão telefonar para o pesquisador responsável (TAÍS) ou enviar mensagem eletrônica para o endereço (taispintorodrigues@gmail.com.br).

A participação dos alunos é voluntária e este consentimento poderá ser retirado a qualquer tempo, sem prejuízos a continuidade da pesquisa. As informações prestadas serão de caráter confidencial e a sua privacidade será garantida.

Eu, _____, RG nº _____
declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

(Local) _____, _____ de _____ de _____

Nome do aluno

Nome e assinatura do responsável

ÂPENDICE B: TESTE DE CONHECIMENTOS (PRÉ E PÓS-TESTE)

Caro Aluno

Este teste é constituído de 26 questões de múltipla escolha com três alternativas cada, sendo **apenas uma** alternativa a **correta**.

Em todas as questões propostas no teste, **admite-se que os fios condutores e as baterias possuem resistência elétrica desprezível** e o brilho das lâmpadas é proporcional ao produto do quadrado da intensidade da corrente elétrica pela resistência elétrica ($i^2 R$). Todas as figuras deste teste foram criadas pela autora do presente trabalho.

1.1. A Figura 1 indica duas lâmpadas (L_1 e L_2), juntamente com dois amperímetros (A_1 e A_2) (instrumentos utilizados para medir a intensidade de corrente elétrica). A respeito do valor da corrente elétrica encontrada nos amperímetros, podemos dizer que:

- a) $A_1 > A_2$,
- b) $A_1 = A_2$,
- c) $A_1 < A_2$.

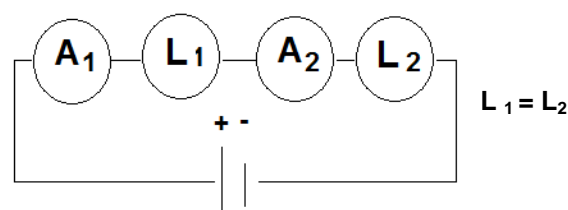


Figura 1

1.2. Duas lâmpadas (L_1 e L_2) estão ligadas a uma bateria, conforme indica a Figura 2. Podemos afirmar que a intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito, é:

- a) maior na lâmpada L_1 ,
- b) maior na lâmpada L_2 ,
- c) a mesma nas duas lâmpadas.

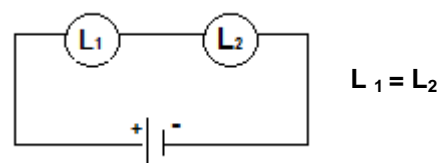


Figura 2

1.3. Em relação às lâmpadas (L_1 e L_2) da Figura 2, podemos afirmar que o brilho é:

- a) maior na lâmpada L_1 ,
- b) maior na lâmpada L_2 ,
- c) o mesmo nas lâmpadas L_1 e L_2 .

1.4. A Figura 3 indica três lâmpadas (L_1 , L_2 e L_3) associadas em série e ligadas aos terminais de uma bateria. Se a lâmpada L_2 queimar, podemos afirmar que:

- a) as lâmpadas L_1 e L_3 se apagarão,
 b) a lâmpada L_1 ficará acesa e a lâmpada L_3 se apagará,
 c) a lâmpada L_3 ficará acesa e a lâmpada L_1 se apagará.

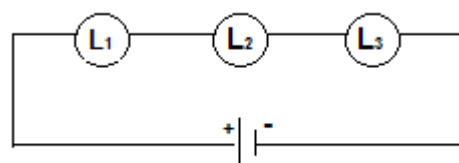
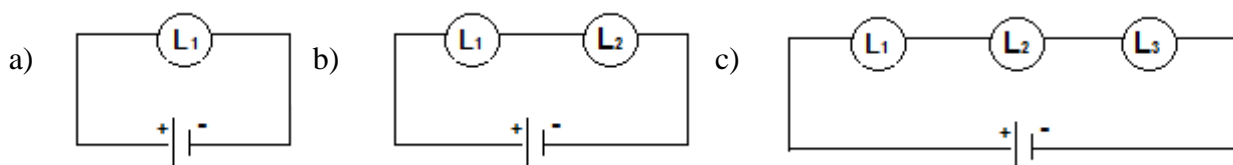


Figura 3

2.1. As lâmpadas (L_1 , L_2 e L_3) dos circuitos das alternativas a), b) e c) possuem a mesma resistência elétrica.

Qual dos circuitos apresenta maior resistência elétrica?

$$L_1 = L_2 = L_3$$



2.2. (Adaptado de: SOLANO et al., 2002) Observe os circuitos das figuras 4 e 5. O brilho da lâmpada L_1 será:

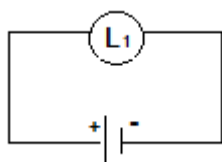


Figura 4

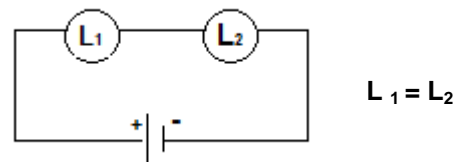


Figura 5

$$L_1 = L_2$$

- a) maior na Figura 5,
 b) menor na Figura 5,
 c) igual em ambas as figuras.

2.3. Inicialmente temos duas lâmpadas (L_1 e L_2) associadas em série, conforme a Figura 6. Se ligarmos mais uma lâmpada (Figura 7) ao circuito, podemos afirmar a respeito da intensidade da corrente elétrica do circuito que é:

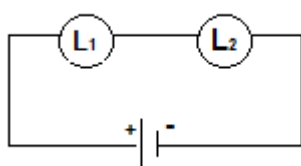


Figura 6

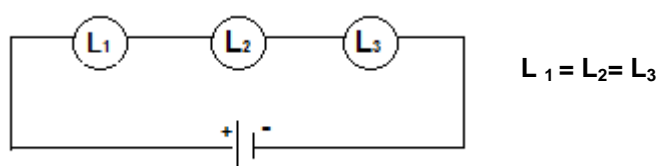


Figura 7

$$L_1 = L_2 = L_3$$

- a) maior na Figura 6,
- b) maior na Figura 7,
- c) a mesma nas Figuras 6 e 7.

3.1. Duas lâmpadas (L_1 e L_2) estão associadas em série e ligadas a uma bateria cuja diferença de potencial é de 6 V, conforme indicação da Figura 8. Podemos afirmar que a diferença de potencial em cada uma das lâmpadas é de:

- a) 3 V e 3 V,
- b) 6 V e 6 V,
- c) 6 V e 0 V.

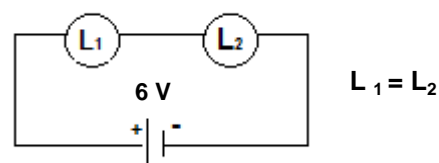


Figura 8

3.2. Duas lâmpadas (L_1 e L_2) estão associadas em série e a diferença de potencial nos extremos da associação é de 12 V, conforme indica a Figura 9. Qual é a diferença de potencial entre os pontos A e B, B e C, C e D, respectivamente?

- a) 6 V, 6V e 0 V,
- b) 12 V, 0 V e 12 V,
- c) 6 V, 0 V e 6 V.

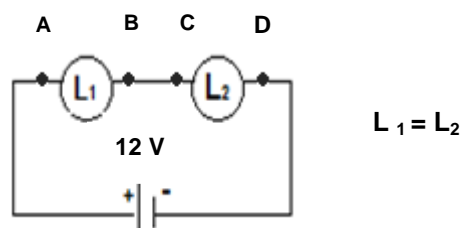


Figura 9

3.3. As lâmpadas (L_1 , L_2 e L_3), da Figura 10 estão associadas em série. Se a diferença de potencial na lâmpada L_3 é igual a 2 V, a diferença de potencial entre os pontos A e B deverá ser:

- a) 6 V,
- b) 2 V,
- c) 0,7 V.

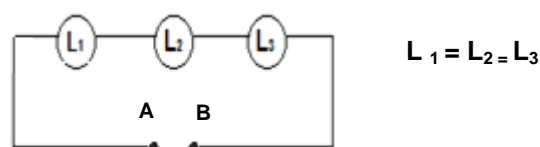
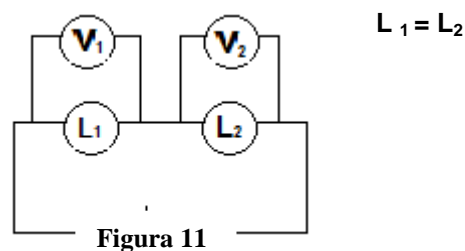


Figura 10

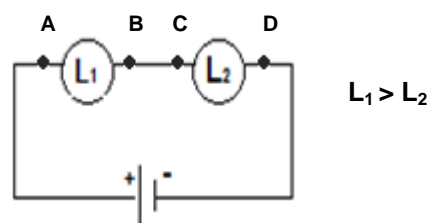
4.1. A Figura 11 indica duas lâmpadas: L_1 e L_2 , e dois voltímetros (V_1 e V_2) (instrumentos utilizados para medir a diferença de potencial elétrico entre dois pontos). A respeito dos valores indicados nos voltímetros, podemos afirmar que:

- a) $V_1 > V_2$,
- b) $V_1 < V_2$,
- c) $V_1 = V_2$.



4.2. Duas lâmpadas estão associadas em série, conforme indica a Figura 12, sendo a resistência da lâmpada L_1 maior que a resistência da lâmpada L_2 . Qual dos pontos do circuito apresenta maior diferença de potencial?

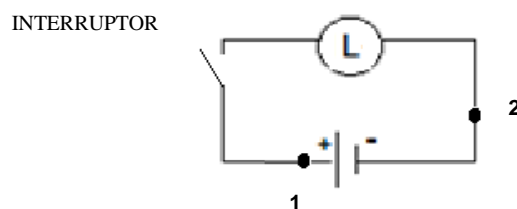
- a) A e B,
- b) B e C,
- c) C e D.



4.3. Considere as lâmpadas da Figura 12. Sabendo que as lâmpadas estão sujeitas a uma diferença de potencial de 12 V, podemos dizer que:

- a) L_1 será mais brilhante,
- b) L_2 será mais brilhante,
- c) As duas terão o mesmo brilho.

5.1. (Adaptado de: SOLANO et al.,2002) Observe o circuito da Figura 13. A diferença de potencial entre os pontos 1 e 2 será:



- a) maior quando interruptor está aberto,
- b) menor quando o interruptor está aberto,
- c) igual quando o interruptor está aberto ou fechado.

5.2. (Adaptado de: FERNANDES, 2015) No circuito da Figura 14, temos duas lâmpadas idênticas: L_1 e L_2 . Ao fecharmos o interruptor, podemos dizer que:

$$L_1 = L_2$$

- a lâmpada L_1 brilhará primeiro,
- a lâmpada L_2 brilhará primeiro,
- as duas lâmpadas brilharão ao mesmo tempo.

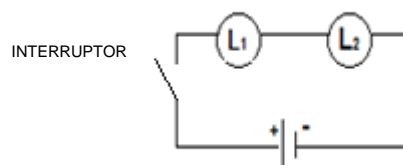


Figura 14

5.3. A Figura 15 mostra duas lâmpadas: L_1 e L_2 , juntamente com um interruptor. Se fecharmos o interruptor, o que acontecerá com o brilho da lâmpada L_2 :

- se apagará,
- será mais intenso que o brilho da lâmpada L_1 ,
- será igual ao brilho da lâmpada L_1 .

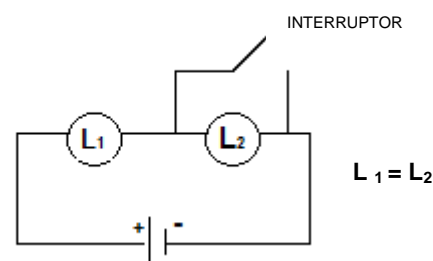


Figura 15

5.4. Em relação a Figura 15, o que acontecerá ao brilho da lâmpada L_1 , quando fecharmos o interruptor?

- se apagará,
- será mais intenso que o brilho da lâmpada L_2 ,
- será igual ao brilho da lâmpada L_2 .

6.1. Quando mudamos o cursor de um chuveiro elétrico do verão para o inverno, mantida a vazão constante da água, estamos:

- diminuindo a resistência, aumentando a corrente e aumentando a potência elétrica,
- aumentando a resistência, aumentando a corrente e diminuindo a potência elétrica,
- aumentando a resistência, diminuindo a corrente e aumentando a potência elétrica.

6.2. As figuras 16 e 17 abaixo indicam dois circuitos. A diferença de potencial fornecida pelas baterias (B_1 e B_2) do circuito da Figura 17 é o dobro da diferença de potencial fornecida pela bateria do circuito da Figura 16. A respeito da potência elétrica da lâmpada L podemos afirmar que é:

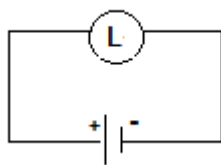


Figura 16

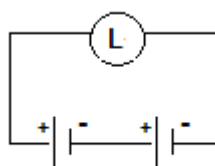


Figura 17

$$B_1 = B_2$$

- maior na Figura 16,
- maior na Figura 17,
- igual em ambas as figuras.

6.3. A potência total dissipada nos circuitos das figuras 18 e 19 é:

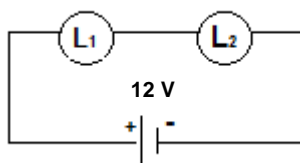


Figura 18

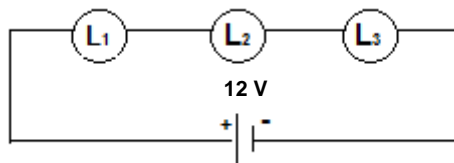


Figura 19

$$L_1 = L_2 = L_3$$

- maior na Figura 18,
- maior no Figura 19,
- igual nos dois circuitos.

7.1. Considere uma lâmpada A de 50 W/220 V e outra lâmpada B de 10 W/220 V. Ambas ficaram acesas durante 10 horas. Nessas condições, podemos afirmar que:

- a lâmpada A consumiu maior quantidade de energia elétrica,
- a lâmpada B consumiu maior quantidade de energia elétrica,
- as duas lâmpadas consumiram a mesma quantidade de energia elétrica.

7.2. Duas lâmpadas uma de 50 W/110 V e outra de 50 W/220 V, ficaram acesas durante 1 hora. Observação: a lâmpada de 50 W/110 V ficou ligada a uma rede de 110 V e a de 50 W/220 V em uma de 220 V. Podemos afirmar que o consumo de energia elétrica é:

- maior na rede de 110 V,
- maior na rede de 220 V,
- o mesmo em ambas as redes.

7.3. (Adaptado de BARCELOS, 2014) Qual dos aparelhos abaixo consome maior quantidade de energia elétrica?

- Lâmpada,
- Ferro elétrico,
- Qualquer um deles pode consumir maior quantidade de energia elétrica.

7.4. Considere os circuitos das Figuras 20 e 21. A diferença de potencial fornecida pelas baterias (B_1 e B_2) do circuito da Figura 21 é o dobro da diferença de potencial fornecida pela baterias do circuito da Figura 20. Sabendo que as lâmpadas ficarão acesas durante 10 minutos, qual dos circuitos consumirá a maior quantidade de energia elétrica?

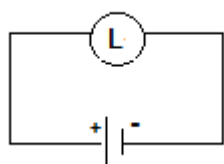


Figura 20

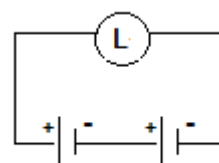


Figura 21

$$B_1 = B_2$$

- O circuito da Figura 20,
- O circuito da Figura 21,
- Os dois circuitos irão consumir a mesma quantidade de energia elétrica.

7.5. Considere as figuras abaixo. Supondo que as lâmpadas ficaram acesas durante 1 hora, em qual dos circuitos a lâmpada L_1 consumiu maior quantidade de energia elétrica?

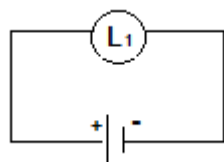


Figura 22

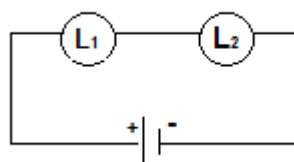


Figura 23

$$L_1 = L_2$$

- No circuito da Figura 22,
- No circuito da Figura 23,
- Os dois circuitos consumiram a mesma quantidade de energia elétrica.

7.6. Um chuveiro com dados nominais 5000 W/220 V ficou ligado durante 30 minutos. Quanto tempo uma lâmpada com dados nominais de 100 W/220 V deverá ficar acesa para consumir a mesma energia elétrica que foi consumida pelo chuveiro?

- a) 2,5 horas,
- b) 5 horas,
- c) 25 horas.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, Adriano S. *Objeto virtual de aprendizagem: resolução de exercícios de um teste conceitual envolvendo os conceitos de Energia Elétrica e Potência Elétrica e sua relação com os conceitos de Tensão, Corrente e Resistência Elétrica*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). 87f. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

FERNANDES, Moacir B. *Eletricidade: uma sequência para o Ensino Médio Integrado*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências). 164f. Bagé: Universidade Federal do Pampa, 2015.

SOLANO, F; GIL, J.; PÉREZ, A.L.; SUERO, M.I. *Persistencia de Preconcepciones sobre los Circuitos Electricos de Corriente Continua*. Universidad de Extremadura, Badajoz, Espanha. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 24, no. 4, 2002

GABARITO

1.1	B
1.2	C
1.3	C
1.4	A
2.1	C
2.2	B
2.3	A
3.1	A
3.2	C
3.3	A
4.1	C
4.2	A
4.3	A
5.1	C
5.2	C
5.3	A
5.4	B
6.1	A
6.2	B
6.3	A
7.1	A
7.2	C
7.3	C
7.4	B
7.5	A
7.6	C

ÂPENDICE C: TEXTO DE INTRODUÇÃO TEÓRICA AO ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

ELETRODINÂMICA

A Eletrodinâmica é a área da Física que estuda cargas elétricas em movimento, isto é, investiga as correntes elétricas, suas causas e os efeitos que produzem.

As correntes elétricas são elementos fundamentais no atual mundo moderno e contemporâneo, estando presentes nos circuitos elétricos de iluminação residenciais e urbanos, como base no funcionamento dos eletrodomésticos em geral, entre outros exemplos ilustrados na Figura 1 (BISCUOLA et al. 2013).

Figura 1 – Lâmpadas e eletrodomésticos



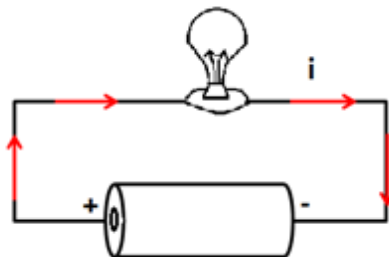
Fonte: [HTTPS://pixabay.com](https://pixabay.com)

1. CIRCUITO ELÉTRICO

Segundo Barreto e Xavier (2013) um circuito elétrico é caracterizado por caminhos fechados de correntes elétricas por condutores que estão entre os terminais de uma fonte de ten-

são. Em geral, um circuito elétrico, ilustrado na Figura 2, é constituído por uma ou mais fontes de tensão (pilhas ou baterias), fios condutores e elementos resistivos (lâmpadas).

Figura 2 – Circuito elétrico simples: lâmpada, pilha e fios condutores



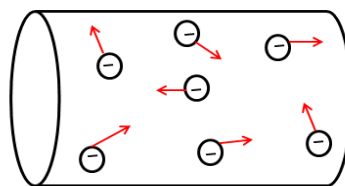
Fonte: Autora

As principais grandezas físicas macroscópicas estudadas nos circuitos elétricos são apresentadas a seguir: intensidade de corrente elétrica, diferença de potencial elétrico e resistência elétrica.

2. O QUE É UMA CORRENTE ELÉTRICA?

Estudamos nas aulas anteriores que os fios condutores possuem elétrons livres que tem facilidade de locomoção, movimentando-se aleatoriamente em todos os sentidos (Figura 3).

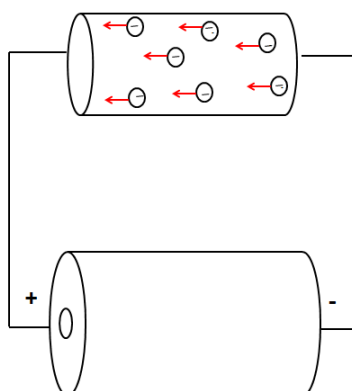
Figura 3 – Representação do movimento dos elétrons em um condutor



Fonte: Autora

Agora, se ligarmos um fio condutor aos polos de um gerador elétrico, como por exemplo, uma pilha, ficará estabelecido em seu interior um campo elétrico, em que os elétrons passarão a desenvolver um movimento ordenado em um sentido (Figura 4). Nessa condição, dizemos que uma corrente elétrica percorreu o condutor.

Figura 4 – Representação do movimento dos elétrons quando o condutor está ligado a uma pilha



Fonte: Autora

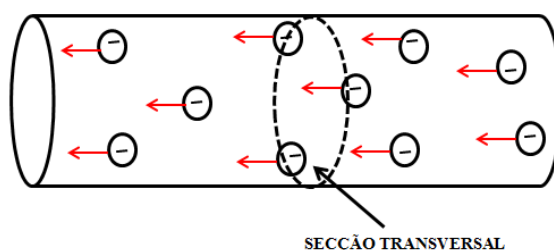
Corrente elétrica é o movimento ordenado dos elétrons, isto é, com direção e sentidos preferenciais (BISCUOLA et al., 2013).

Note na ilustração da Figura 4 que o gerador tem dois terminais, um polo positivo e um pólo negativo. O polo positivo (+) tem potencial elétrico mais alto (acumulo de cargas positivas) e o polo negativo (-) tem potencial elétrico mais baixo.

2.1 INTENSIDADE E SENTIDO DA CORRENTE ELÉTRICA

A **intensidade da corrente elétrica i** é definida pelo quociente entre a **quantidade de carga elétrica (ΔQ)** que passa pela seção transversal de um fio condutor (Figura 5) e o **intervalo de tempo transcorrido (Δt)** (BARRETO E XAVIER, 2013).

Figura 5 – Representação do movimento dos elétrons na secção de um condutor



Fonte: Autora

Logo:

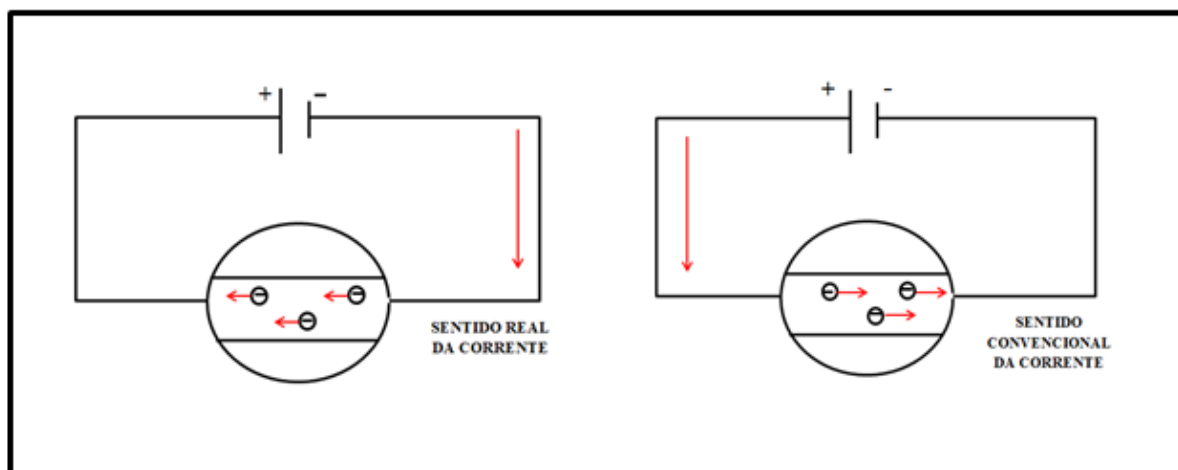
$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A quantidade de carga elétrica ΔQ também pode ser obtida pelo produto do número de elétrons n e a carga elementar do elétron $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, assim $\Delta Q = n \cdot e$. No Sistema internacional de medida (SI) a unidade de medida da intensidade da corrente elétrica é o ampere (A):

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

Em um condutor metálico, o **sentido real** da corrente elétrica é constituído pelo movimento dos elétrons livres (cargas negativas). No entanto, por convenção científica, ficou estabelecido o sentido dos potenciais decrescentes, ou seja, do polo positivo para o polo negativo. Esse sentido é denominado **sentido convencional** e é oposto ao **movimento real** dos elétrons livres (Figura 6).

Figura 6 – Representações do sentido real e sentido convencional da corrente elétrica



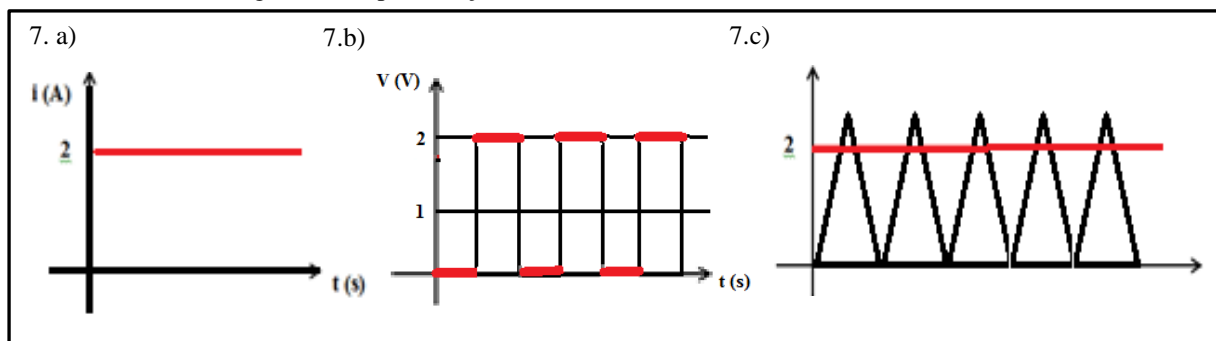
Fonte: Autora

2.2. TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA

- **Corrente contínua:** é aquela em que a corrente elétrica mantém o sentido constante. Se o sentido da intensidade da corrente elétrica se mantiver constante em certo intervalo de tempo é chamada **corrente contínua**. Neste caso, a intensidade da corrente pode variar desde que permaneça com o mesmo sentido. Na Figura 7.a o gráfico representa a intensidade de corrente elétrica de fontes (pilhas ou baterias) que fornecem uma diferença de potencial constante em

módulo e sentido, na figura 7.b uma representação de uma diferença de potencial de fonte de tensão que gera um sinal de onda quadrada e na Figura 7.c um sinal de dente de serra.

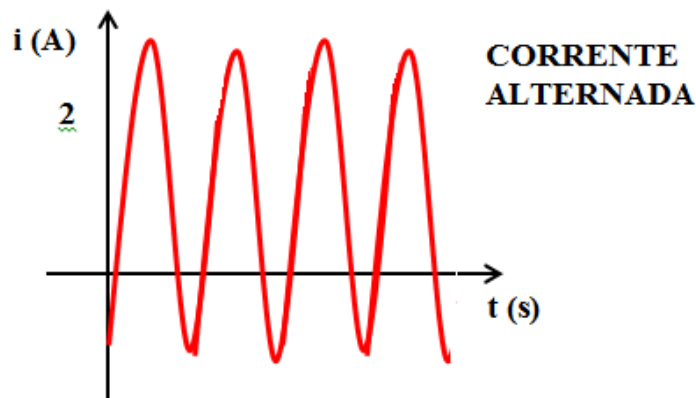
Figura 7 – Representação da intensidade da corrente elétrica contínua



Fonte: Autora

- **Corrente alternada:** é aquela em que a intensidade da corrente elétrica e o sentido variam periodicamente (Figura 8). Por exemplo, as usinas hidrelétricas são fontes geradoras de corrente alternada.

Figura 8 - Representação da intensidade da corrente elétrica alternada



Fonte: Autora

3. DIFERENÇA DE POTENCIAL ELÉTRICO (DDP) OU TENSÃO ELÉTRICA

Segundo BISCUOLA et al.(2013) no processo de geração de corrente elétrica, não é relevante saber os reais valores dos potenciais em cada polo do gerador, mas sim a **diferença** entre esses potenciais, pois será ela que influenciará na intensidade da corrente elétrica estabelecida em um condutor.

Essa diferença de potenciais entre os polos do gerador é denominada **diferença de potencial elétrico (ddp) ou tensão elétrica**, cujo símbolo é V e a unidade de medida no sistema internacional (SI) é Volt (V).

Podemos dizer que a diferença de potencial elétrico de um gerador é a responsável por manter o acúmulo de cargas nos seus polos quando conectado por aparelhos quaisquer. Quando ligamos uma pilha a uma lâmpada de lanterna, por exemplo, a pilha fornecerá energia à lâmpada, pois será gerada uma diferença de potencial nos terminais do equipamento (PIETROCOLA et al., 2010).

4. RESISTÊNCIA ELÉTRICA

As cargas elétricas quando se deslocam em um fio condutor sofrem certa resistência ao seu deslocamento, uma vez que efetuam uma série de choques com seus átomos. Essa resistência, característica do condutor, poderá ser maior ou menor. Logo definimos a resistência elétrica como uma grandeza física que mede a oposição a passagem da corrente elétrica em um condutor (SANT'ANNA et al., 2010).

Em uma abordagem macroscópica, a resistência elétrica de um condutor pode ser medida e/ou prevista a partir do quociente entre a diferença de potencial elétrico (ddp) pela intensidade da corrente elétrica:

$$R = \frac{V}{i}$$

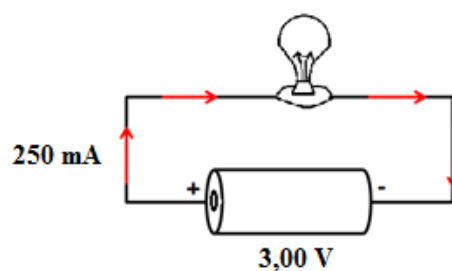
No SI a unidade de medida da resistência elétrica é o ohm (Ω):

$$1 \Omega = \frac{1 V}{1 A}.$$

ATIVIDADES:

1. Em uma lâmpada incandescente construída para funcionar em uma diferença de potencial de 9 V a intensidade de corrente elétrica estabiliza em 70 mA (após alguns minutos ligada). Qual é o valor da resistência elétrica dessa lâmpada?
2. (Adaptado de Sant'Anna et al., 2010) Observe o circuito representado na Figura 9 e as medidas encontradas. Supondo que os fios sejam ideais, qual é o valor da resistência elétrica da lâmpada?

Figura 9 – Lâmpada ligada em uma pílha



Fonte: Autora

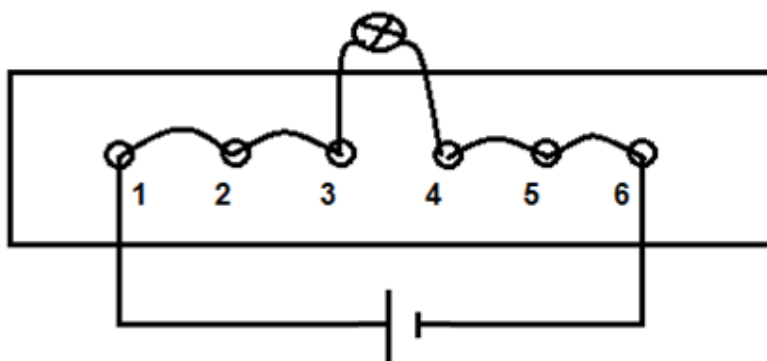
3. (Sant'Anna *et al.*, p.101, 2010) A tabela seguinte apresenta as consequências danosas que choques elétricos podem causar aos seres humanos.

	Corrente elétrica	Dano biológico
I	Até 10 mA	Dor e contração muscular
II	De 10 mA até 20 mA	Aumento nas contrações musculares
III	De 20 mA até 100 mA	Parada respiratória
IV	De 100 mA até 3 A	Fibrilação ventricular que pode ser fatal
V	Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras graves

Em qual das faixas, descritas na tabela, enquadra-se o caso de uma pessoa que leve um choque elétrico em uma rede de 220 V, considerando que sua resistência elétrica é da ordem de 1500 Ω ?

4. Observe o circuito representado na Figura 10.

Figura 10 – Lâmpada associada em um circuito elétrico



Fonte: Autora

Sabendo que a bateria possui uma diferença de potencial elétrico de 9 V e a lâmpada uma resistência elétrica de 6Ω , qual o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito?

5. (FILHO E TOSCANO, p.34, 2013) Uma pessoa está descalça e toca um fio condutor ficando submetida a uma diferença de potencial. A resistência elétrica de seu organismo é de 10000Ω e a intensidade da corrente elétrica percorrida é 11 mA. Qual a diferença de potencial que a pessoa ficou submetida?

5. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Associação de resistores é um conjunto de lâmpadas interligadas por fios condutores. Podemos citar como exemplo, um conjunto de lâmpadas natalinas (Figura 11).

Figura 11 - Lâmpadas natalinas associadas em série



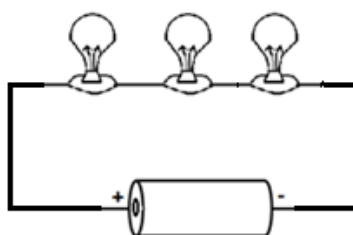
Fonte: Acervo da autora

Existem três tipos de associação de resistores: associação em **série**, associação em **paralelo** e associação **mista**.

5.1. ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Duas ou mais lâmpadas estão associadas em série quando estão interligadas de modo a oferecer um único trajeto para a passagem da corrente elétrica (Figura 12).

Figura 12: três lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

5.1.1. CARACTERÍSTICAS DA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

A **intensidade da corrente** da associação é igual à intensidade da corrente em cada resistor

$$i_{eq} = i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n$$

A **resistência equivalente** da associação é igual a soma das resistências de cada resistor.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Neste caso, a resistência equivalente da associação é representada por um único resistor que substituído pelo conjunto dos outros resistores, sendo submetido pela mesma diferença de potencial é percorrido pela mesma intensidade da corrente elétrica da associação.

A **diferença de potencial elétrico** da associação é igual à soma das diferenças de potencial de cada resistor.

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

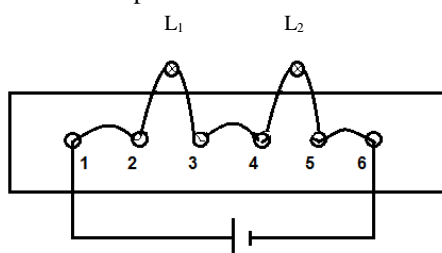
ATIVIDADES:

1. Duas lâmpadas, de resistências elétricas iguais, respectivamente a 10Ω e 20Ω , estão associadas em série e o circuito está conectado a uma bateria cuja diferença de potencial é de 12 V. Nessas condições, determine:

- A resistência elétrica equivalente do circuito,
- A intensidade da corrente elétrica que percorre cada resistor.

2. O circuito elétrico da Figura 13 contém duas lâmpadas: L_1 e L_2 , cujas resistências elétricas são respectivamente iguais a 8Ω e 12Ω .

Figura 10 – Lâmpada associada em um circuito elétrico



Fonte: Autora

Com um multímetro mediu-se a diferença de potencial $V_2 - V_3$ e $V_4 - V_5$, encontrando valores respectivamente iguais a 4 V e 6 V. Qual o valor da intensidade da corrente da associação e em cada lâmpada?

3. Uma lâmpada L_1 de resistência 12Ω é percorrida por uma intensidade de corrente elétrica de 2,0 A. Em seguida, é associada em série outra lâmpada L_2 , de resistência 24Ω . Determine:

- a) A intensidade da corrente elétrica que percorre L_2 ;
- b) A diferença de potencial da fonte que alimenta o circuito.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Benigno.; Xavier, Cláudio.; *Física: aula por aula*. São Paulo: FTD, 2013.

BISCUOLA, Gualter J.; BÔAS, Newton V.; DOCA, Ricardo H.; *Física 3*. São Paulo: Sarai-va, 2013.

GUIMARAES, Osvaldo; PIQUEIRA, José R.; CARRON; *Física 3*. São Paulo: Ática, 2014.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz; *Física 3: Contexto e Aplicações*. São Paulo: Scipione, 2014.

PIETROCOLA, Maurício P.; POGIBIN, Alexander; OLIVEIRA, Renata C. A.; ROMERO, Talita R. L.; *Física em contextos: pessoal, social, histórico*. São Paulo: FTD, 2010.

SANT'ANNA, Blaidi; MARTINI, Gloria; REIS, Hugo C.; SPINELLI, Walter; *Conexões com a Física*. São Paulo: Moderna, 2010.

ÂPENDICE D: GUIAS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Caro aluno,

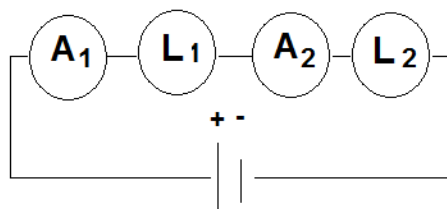
As atividades listadas a seguir serão desenvolvidas com o **simulador PHET**¹.

Para encontrar o simulador acesse o link : https://phet.colorado.edu/pt_BR e escolha o item: **Kit de construção de circuito (AC+DC)**.

GUIA 1

1. Monte um circuito simples (Figura 1.1) utilizando os seguintes materiais: duas lâmpadas com resistência elétrica de $3\ \Omega$, uma bateria de diferença de potencial de $9\ \text{V}$, amperímetros e fios condutores.

Figura 1.1 – Lâmpadas e amperímetros associados em série



Fonte: Autora

- a) Qual é o valor da intensidade da corrente elétrica em cada amperímetro?
- b) O brilho da lâmpada L_1 é maior, menor ou igual ao brilho da lâmpada L_2 ?
- c) Substitua o valor da resistência elétrica da lâmpada L_2 para $10\ \Omega$. Qual o valor da intensidade da corrente elétrica em cada amperímetro?
- d) O que aconteceu com o valor da intensidade da corrente elétrica em cada amperímetro quando aumentamos o valor da resistência elétrica em L_2 ? E o que aconteceu com o brilho das lâmpadas?
- e) Agora, substitua o valor das resistências elétricas das lâmpadas L_1 e L_2 para $1\ \Omega$. Qual o valor da intensidade da corrente elétrica em cada amperímetro?
- f) O que aconteceu com o valor da intensidade da corrente elétrica em cada amperímetro quando diminuimos o valor das resistências? E o que aconteceu com o brilho das lâmpadas?

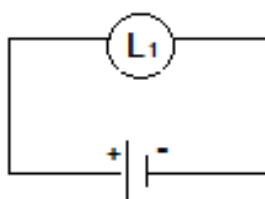
g) O que podemos concluir a respeito do valor da intensidade da corrente elétrica em cada amperímetro, em ambas as simulações?

h) O que podemos concluir a respeito do brilho das lâmpadas quando aumenta o valor da intensidade da corrente elétrica, no circuito? E quando diminui o valor da intensidade da corrente elétrica?

GUIA 2

1. Monte um circuito simples (Figura 2.1) utilizando os seguintes materiais: uma lâmpada L_1 com resistência elétrica de $3\ \Omega$, uma bateria de diferença de potencial de $9\ \text{V}$, um amperímetro e fios condutores.

Figura 2.1 – Lâmpada ligada aos terminais de uma bateria



Fonte: Autora

- Qual é o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito elétrico?
- Associe em série uma segunda lâmpada L_2 de resistência $3\ \Omega$ ao circuito elétrico. Qual é o novo valor da intensidade da corrente elétrica?
- O que aconteceu com o brilho da lâmpada L_1 quando foi associada à lâmpada L_2 ao circuito elétrico?
- Associe em série uma terceira lâmpada L_3 de resistência $3\ \Omega$ ao circuito elétrico. Qual é o novo valor da intensidade da corrente elétrica?
- À medida que você acrescenta mais lâmpadas ao circuito elétrico, o que acontece com o valor da intensidade da corrente elétrica?
- O que aconteceu com o brilho da lâmpada L_1 quando foi associada à lâmpada L_3 ao circuito elétrico?

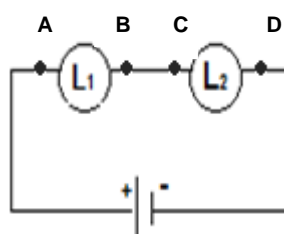
g) O que podemos concluir a respeito da resistência equivalente do circuito elétrico, à medida que associamos mais lâmpadas? Justifique.

h) O que podemos concluir a respeito do brilho da lâmpada L_1 à medida que associamos mais lâmpadas ao circuito elétrico? Justifique.

GUIA 3

1. Monte um circuito simples (Figura 3.1) utilizando os seguintes materiais: duas lâmpadas: L_1 e L_2 com resistência elétrica de 3Ω , uma bateria de diferença de potencial de 9 V , um voltímetro e fios condutores.

Figura 3.1 – Lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

a) Qual é o valor da diferença de potencial a seguir:

- $V_A - V_B =$
- $V_B - V_C =$
- $V_C - V_D =$

b) Altere o valor da diferença de potencial da bateria para 12 V . Qual o novo valor da diferença de potencial abaixo:

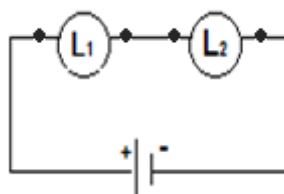
- $V_A - V_B =$
- $V_B - V_C =$
- $V_C - V_D =$

c) Qual a relação existente entre a diferença de potencial da bateria e a diferença de potencial em cada lâmpada?

GUIA 4

1. Monte um circuito simples (Figura 4.1) utilizando os seguintes materiais: uma lâmpada L_1 de resistência elétrica de 6Ω , uma lâmpada L_2 com resistência elétrica de 3Ω , uma bateria de diferença de potencial de 9 V , um voltímetro, um amperímetro e fios condutores.

Figura 4.1 – Lâmpadas associadas em série



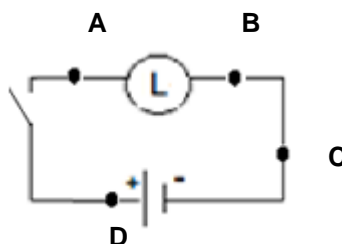
Fonte: Autora

- Qual é o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre as lâmpadas L_1 e L_2 ?
- Qual é o valor da diferença de potencial nas lâmpadas L_1 e L_2 ?
- Qual das lâmpadas é mais brilhante?
- Faça os cálculos e verifique a validade matemática das sentenças abaixo: $V_1 = R_1 i_1$ e $V_2 = R_2 i_2$.
- Altere o valor da resistência elétrica da lâmpada L_2 para 9Ω . Nesse caso, qual é o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre as lâmpadas L_1 e L_2 ? Qual é o valor da diferença de potencial nas lâmpadas L_1 e L_2 ? Qual das lâmpadas é mais brilhante?
- Faça os cálculos novamente e verifique a validade das sentenças matemáticas a seguir: $V_1 = R_1 i_1$ e $V_2 = R_2 i_2$
- A partir das expressões dos itens **d** e **f**, o que podemos concluir a respeito da relação qualitativa entre a diferença de potencial com a resistência elétrica? E quanto ao brilho da lâmpada?

GUIA 5

1. Monte um circuito simples (Figura 5.1) utilizando os seguintes materiais: uma lâmpada L_1 de resistência elétrica 3Ω , uma bateria de diferença de potencial de 9 V , um interruptor, um voltímetro e fios condutores.

Figura 5.1 – Lâmpada ligada aos terminais de uma bateria



Fonte: Autora

a) Qual é o valor da diferença de potencial listada a seguir, quando a chave está aberta?

- $V_D - V_C =$
- $V_B - V_C =$
- $V_A - V_B =$
- $V_D - V_A =$

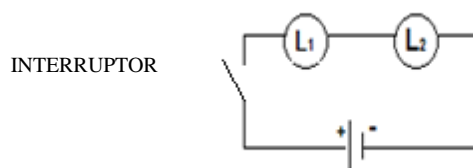
b) Qual é o valor da diferença de potencial listada a seguir, quando a chave está fechada?

- $V_D - V_C =$
- $V_B - V_C =$
- $V_A - V_B =$
- $V_D - V_A =$

c) O que podemos concluir a respeito da diferença de potencial de um circuito quando a chave está aberta ou fechada?

2. Monte um circuito simples (Figura 5.2) utilizando os seguintes materiais: duas lâmpadas: L_1 e L_2 com resistência elétrica de 3Ω , uma bateria de diferença de potencial de 9 V , um interruptor, um voltímetro, um amperímetro e fios condutores.

Figura 5.2 – Lâmpadas associadas em série

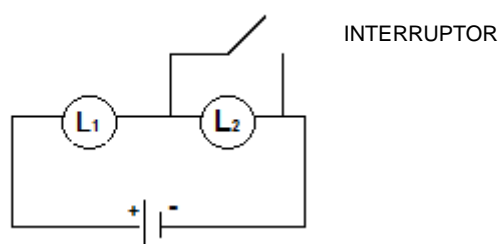


Fonte: Autora

- a) Qual é o valor da diferença de potencial das lâmpadas L_1 e L_2 quando o interruptor está aberto? E o valor da intensidade da corrente elétrica?
- b) Qual é o valor da diferença de potencial das lâmpadas L_1 e L_2 quando o interruptor está fechado? E o valor da intensidade da corrente elétrica?
- c) Quando se fecha o interruptor, qual das duas lâmpadas brilha primeiro? Justifique.

3. Monte um circuito simples (Figura 5.3) utilizando os seguintes materiais: duas lâmpadas: L_1 e L_2 com resistência elétrica de $3\ \Omega$, uma bateria de diferença de potencial de $9\ \text{V}$, um interruptor, um voltímetro, um amperímetro e fios condutores.

Figura 5.3 – Lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

- a) O que acontece com a lâmpada L_2 quando fechamos o interruptor? E com a lâmpada L_1 ?
- b) Qual é o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre as lâmpadas L_1 e L_2 quando o interruptor está aberto? E quando o interruptor está fechado?
- c) O que você pode concluir a respeito da intensidade da corrente elétrica com o interruptor?
- d) Qual é o valor da diferença de potencial na lâmpada L_1 quando o interruptor está aberto? E quando a interruptor está fechado?
- e) Qual é o valor da diferença de potencial na lâmpada L_2 quando o interruptor está aberto? E quando o interruptor está fechado?

ÂPENDICE E: GUIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Caros alunos,

As atividades experimentais listadas a seguir serão desenvolvidas usando os seguintes materiais: fios elétricos, lâmpadas, conectores, fontes de tensão contínua e um multímetro.

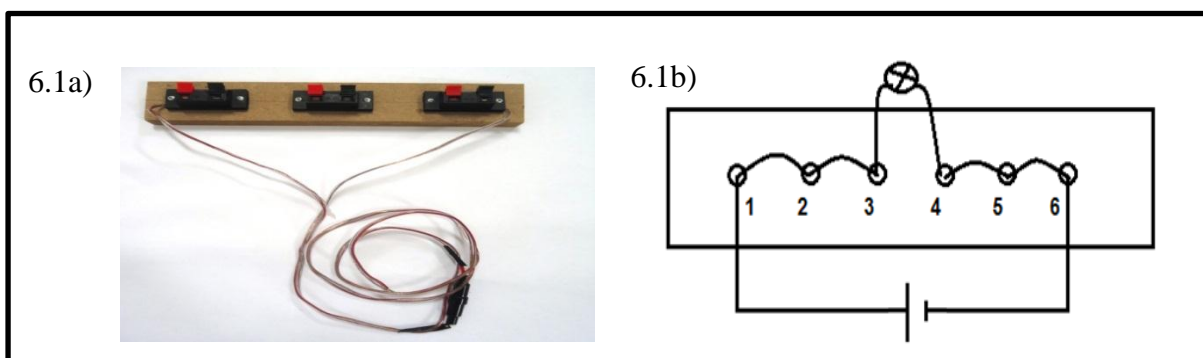
Antes de começar as atividades é importante que utilizem o multímetro na função ohmímetro para verificarem a resistência elétrica das lâmpadas e na função voltímetro para a diferença de potencial da fonte de alimentação. Caso a resistência elétrica de qualquer uma das lâmpadas seja maior que 30Ω , isso será um indicativo de que a lâmpada está queimada e se a diferença de potencial das baterias for menor que 6 V será um indicativo de que a fonte não foi ligada corretamente.

Neste guia vocês serão desafiados a ligarem uma ou mais lâmpadas com os materiais disponibilizados, objetivando a compreensão do processo de montagem dos circuitos elétricos a partir das conexões possíveis.

1. Para a realização das medições elétricas desta atividade, utilize o multímetro na função amperímetro (chave posicionada em 200 mA).

Monte o circuito elétrico, usando a régua de contatos (Figura 6.1a), com uma lâmpada conforme indica a Figura 6.1b.

Figura 6.1 – Lâmpada associada em um circuito elétrico



Fonte: Autora

ATENÇÃO: Antes de colocar o multímetro no circuito certifique se a função amperímetro foi selecionada corretamente.

DICA: Para medir a corrente entre os pontos 1 e 2 basta retirar o fio que está conectando os respectivos pontos 1 e 2 e colocar as ponteiros do multímetro nesses pontos.

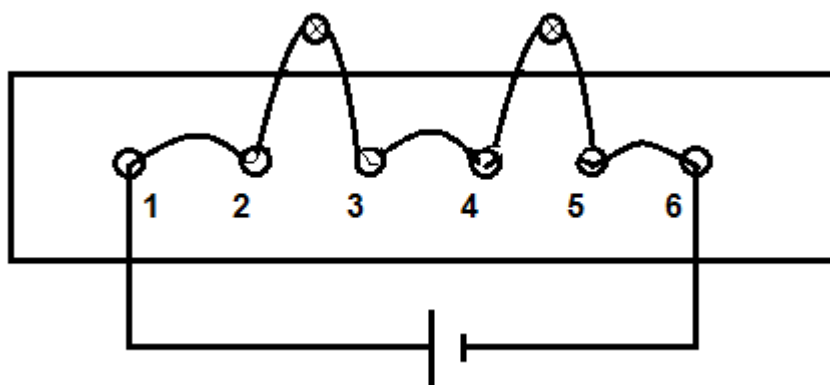
a) Qual o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre os seguintes pontos:

- i_{12} ?
- i_{23} ?
- i_{45} ?
- i_{56} ?

b) O que podemos concluir a respeito do valor da intensidade da corrente elétrica a partir das medições elétricas realizadas?

c) Acrescente mais uma lâmpada ao circuito elétrico, conforme indica a Figura 6.2.

Figura 6.2 – Lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

d) Qual o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre os seguintes pontos:

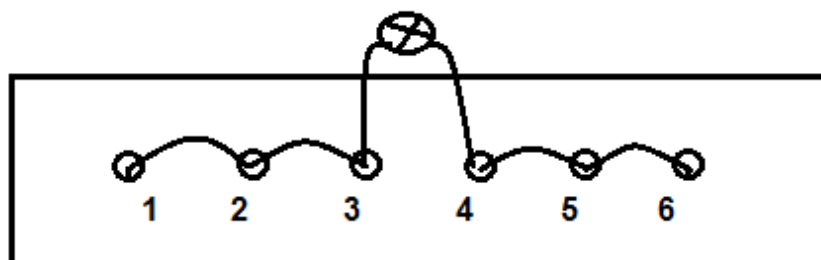
- i_{12} ?
- i_{34} ?
- i_{56} ?

e) Que relação qualitativa podemos estabelecer entre os valores encontrados nas medições das intensidades das correntes elétricas nos itens **a** e **d**?

1. Para a realização das medições elétricas desta atividade, utilize o multímetro na função ohmímetro (chave posicionada em 200Ω).

Monte o circuito elétrico com uma lâmpada, conforme indica a Figura 6.3.

Figura 6.3 – Lâmpada em um circuito elétrico



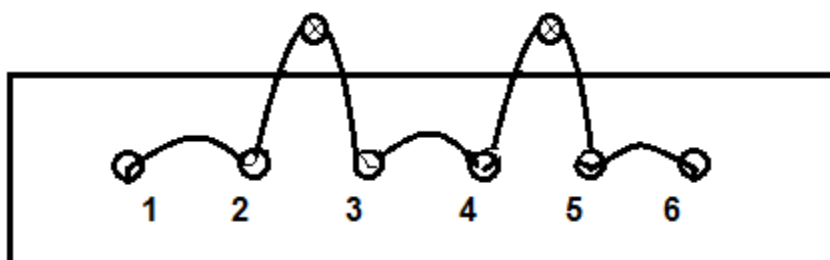
Fonte: Autora

ATENÇÃO: Antes de colocar o multímetro no circuito certifique se o circuito elétrico foi desligado da fonte de alimentação.

DICA: Para medir a resistência elétrica basta colocar as ponteiros nos pontos 1 e 6.

- Qual é a resistência elétrica equivalente do circuito?
- Acrescente mais uma lâmpada ao circuito elétrico, conforme indica a Figura 6.4.

Figura 6.4 – Lâmpadas associadas em série



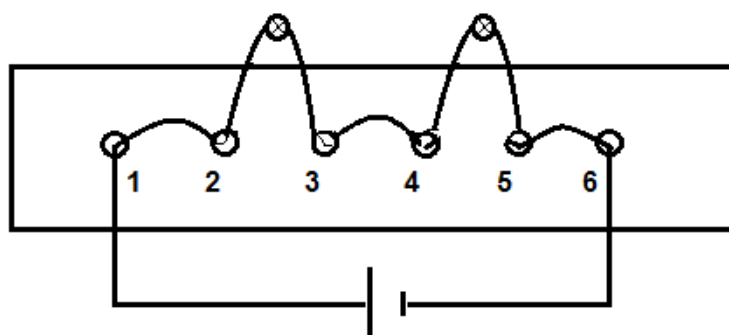
Fonte: Autora

- Qual a resistência elétrica equivalente do circuito nessa situação?
- A partir das medidas encontradas, o que podemos concluir a respeito do valor da resistência equivalente do circuito elétrico, à medida que acrescentamos mais lâmpadas? Justifique.

2. Para a realização das medições elétricas desta atividade, religue a fonte de alimentação e utilize o multímetro na função voltímetro (chave posicionada em 20 V).

Monte o circuito elétrico com duas lâmpadas, conforme indica a Figura 6.5.

Figura 6.5 - Lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

a) Qual é o valor da diferença de potencial a seguir:

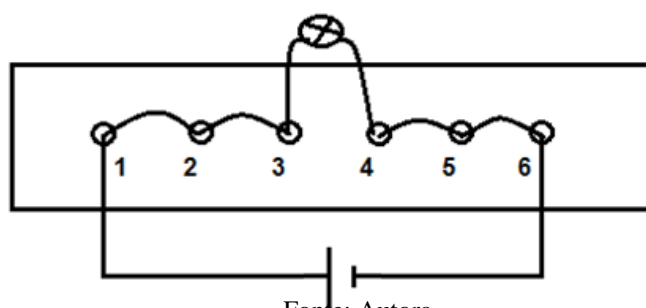
- $V_1 - V_2 =$
- $V_2 - V_3 =$
- $V_3 - V_4 =$
- $V_4 - V_5 =$
- $V_5 - V_6 =$
- $V_1 - V_6 =$

b) A partir das medidas encontradas, que relação podemos estabelecer entre a medida da diferença de potencial da fonte de alimentação ($V_1 - V_6$) e a medida da diferença de potencial em cada lâmpada.

c) O que acontece se o cabo que liga os pontos 1 e 2 for retirado e as medidas forem refeitas? A diferença de potencial em cada lâmpada permaneceu constante em relação ao item anterior?

3. Para a realização das medições elétricas desta atividade, continue utilizando o multímetro na função voltímetro. Monte o circuito elétrico com uma lâmpada, conforme indica a Figura 6.6.

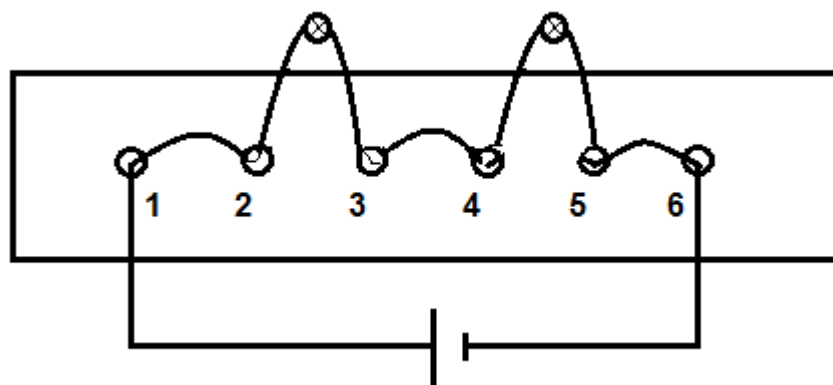
Figura 6.6 – Lâmpada associada em um circuito elétrico



Fonte: Autora

- a) Qual a diferença de potencial entre os pontos 3 e 4?
- b) Acrescente mais uma lâmpada de mesmo tamanho ao circuito elétrico, conforme indica a Figura 6.7.

Figura 6.7 – Lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

- c) Qual é a diferença de potencial entre os pontos 2 e 3? E entre os pontos 4 e 5?
- d) Substitua a lâmpada L_1 por outra lâmpada com resistência elétrica menor. Qual a diferença de potencial entre os pontos 2 e 3? E entre os pontos 4 e 5?
- e) A partir das medidas encontradas, identifique o que aconteceu com o valor da diferença de potencial, quando trocamos as lâmpadas? Justifique.
- 4.** Para a realização das medições elétricas desta atividade, utilize o multímetro na função amperímetro. Monte o circuito elétrico com duas lâmpadas, conforme indica a Figura 6.7.
- a) Qual é o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre as lâmpadas?
- b) Ligue um cabo aos pinos 4 e 5. O que acontece com o brilho da lâmpada L_2 nessa situação? E com o brilho da lâmpada L_1 ?
- c) Qual é o valor da intensidade da corrente elétrica que percorre a lâmpada L_1 nessa situação?

d) A partir das medidas encontradas, o que aconteceu com o valor da intensidade da corrente elétrica quando conectamos um cabo aos pinos 4 e 5? E com a diferença de potencial nas duas lâmpadas? Justifique.

ÂPENDICE F: TEXTO DE INTRODUÇÃO TEÓRICA SOBRE O CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

POTÊNCIA ELÉTRICA

Todo aparelho elétrico informa em sua etiqueta duas características importantes, denominadas **valores nominais**: a diferença de potencial elétrico (ddp), também frequentemente identificada como tensão ou voltagem e a potência nominal, que é a potência elétrica consumida pelo aparelho quando o mesmo estiver submetido à ddp.

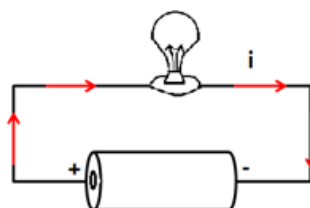
Figura 1 – Etiqueta de especificações técnicas de uma jarra elétrica



Fonte: Acervo da autora

Recordando o que discutimos em aulas anteriores, aprendemos que, quando ligamos um aparelho elétrico qualquer a um dispositivo que possui uma diferença de potencial V entre seus terminais, o mesmo é percorrido por uma corrente elétrica i (Figura 2).

Figura 2 – Circuito elétrico simples: lâmpada, pilha e fios condutores



Fonte: Autora

Por exemplo, ao ligarmos a lâmpada da Figura 2, a energia química da pilha é transformada em energia elétrica e na lâmpada é transformada, principalmente, em energia luminosa e em energia térmica (efeito Joule).

Para quantificar a quantidade de energia transformada em um circuito elétrico, utilizamos o conceito de potência elétrica. Assim define-se: *potência elétrica é a grandeza física que mede a quantidade de energia transformada por unidade de tempo, pelo aparelho.*

A potência elétrica de um dispositivo pode ser obtida de duas formas:

- i) identificando os valores de potência nominal destacados nas etiquetas das especificações técnicas do dispositivo;
- ii) obtendo o produto da diferença de potencial elétrico pela intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito, logo:

$$P = Vi$$

No SI a unidade de potência elétrica é o Watt (W), que equivale a:

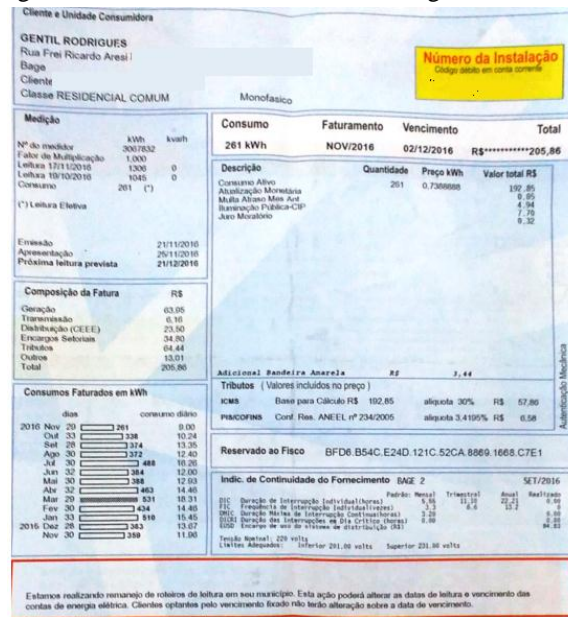
$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

A energia elétrica que chega às nossas residências é transformada principalmente em energia térmica, mecânica, luminosa e sonora. Aparelhos que transformam a energia elétrica em energia térmica são chamados **resistivos** (chuveiro elétrico, aquecedor, ferro elétrico, entre outros); os **receptores** são aparelhos que transformam a energia elétrica em outra modalidade de energia, não exclusivamente térmica, como os **motores elétricos** que transformam a energia elétrica em energia mecânica (liquidificador, ventilador, batedeira, entre outros). Ainda, destacamos os aparelhos que permitem a comunicação entre as pessoas, os chamados **elementos de comunicação e informação** (transformação de energia elétrica em luminosa e sonora), tais como televisão, rádio, computador, etc.

POTÊNCIA ELÉTRICA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

As companhias elétricas que nos fornecem a energia elétrica enviam, mensalmente, uma fatura na qual consta a quantidade de energia elétrica fornecida naquele período e o valor a ser pago por esse serviço. No entanto, a unidade de energia elétrica utilizada pelas companhias não é o joule (J), e sim o **quilowatt-hora** (kWh), que corresponde a energia elétrica consumida por um aparelho de 1000 W de potência elétrica ligado durante 1 hora. (SANT'ANNA, 2010), conforme destacado no modelo a seguir (Figura 3).

Figura 3 – Modelo de uma conta de energia elétrica



Fonte: Acervo da autora

Podemos calcular o consumo de energia elétrica pela relação:

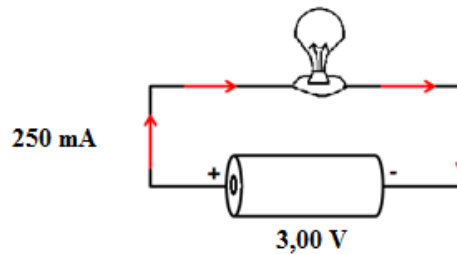
$$E = P \cdot \Delta t$$

Onde a potência elétrica **P** é medida em **KW** e o tempo Δt , em horas.

ATIVIDADES:

1. Observe a Figura 4 e considere que os fios sejam ideais. Qual a potência elétrica da lâmpada?

Figura 4 – Lâmpada ligada em uma pilha



Fonte: Autora

2. (UFPE *apud* BARRETO E XAVIER, 2013, p.101) Nas instalações residenciais de chuveiros elétricos costuma-se usar fusíveis ou interruptores de proteção (disjuntores) que desligam automaticamente quando a corrente elétrica excede certo valor predefinido. Qual o valor do

disjuntor (limite de corrente) que você escolheria para instalar um chuveiro de 3500 W e 220 V?

- a) 10 A
- b) 15 A
- c) 30 A
- d) 70 A
- e) 220 A

3. Considere os aparelhos elétricos da Figura 5:

Figura 5 – Ilustração de dispositivos elétricos



Fonte: <https://pt.wikipedia.org>

- a) Qual dos aparelhos é percorrido por uma corrente elétrica de maior intensidade?
- b) Em funcionamento, durante o mesmo intervalo de tempo, qual deles consome maior quantidade de energia elétrica? Justifique.

4. (Adaptado de: GREEF, 1998) Selecione dois aparelhos de cada uma das categorias (resistivos, motores e comunicação) e pesquise os dados necessários para preencher a tabela a seguir:

CATEGORIA	APARELHO	DIFERENÇA DE POTENCIALELÉTRICO (V)	POTÊNCIA ELÉTRICA (W)

A partir dos dados selecionados, responda as seguintes questões:

- Que categoria de aparelhos apresentou maior potência elétrica?
- Que categoria de aparelhos apresentou menor potência elétrica?
- Qual dos aparelhos é percorrido por uma corrente elétrica de maior intensidade? Justifique.
- Qual a quantidade de energia elétrica consumida por cada aparelho, considerando um intervalo de tempo de funcionamento de 2 horas?

5. Observe os três modelos de lâmpadas existentes no mercado brasileiro:

- LÂMPADAS INCANDESCENTES**

Potência elétrica: 60 W

Preço médio: R\$ 1,50



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out_of_incandescent_light_bulbs

- LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS**

Potência elétrica: 15 W

Preço médio: R\$ 8,90



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Compact_fluorescent_lamp

- **LÂMPADAS DE LED**

Potência elétrica: 7 W

Preço médio: R\$ 29,90



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Compact_fluorescent_lamp

Supondo que em uma residência quatro lâmpadas permanecem acesas, em média, durante quatro horas diárias, calcular:

- Calcular o consumo médio mensal de energia elétrica, pelo uso de cada modelo de lâmpada.
- Qual das lâmpadas consome menor quantidade de energia elétrica mensalmente?
- Trocando as quatro lâmpadas incandescentes por lâmpadas mais econômicas, qual será a economia mensal na conta de energia elétrica? Considere que o custo de 1 kWh equivale a R\$ 0,70.
- Quantos meses, aproximadamente, o valor da compra das quatro lâmpadas mais econômicas vai ser amortizado pela economia mensal na conta de energia elétrica?

6. Considere dois secadores de cabelo, cujas especificações técnicas estão descritas logo abaixo:

MODELO A	MODELO B
Velocidades: 2	Velocidades: 2
Voltagem: Bivolt	Voltagem: 110 V ou 220 V
Potência: 1200 W	Potência: 1900 W
Preço: R\$ 69,90	Preço: R\$ 99,90

Imagine uma adolescente que deseja comprar um dos modelos acima para arrumar seu cabelo durante todos os dias. Supondo que no modelo A serão necessários 30 minutos para completar a tarefa, enquanto no modelo B serão necessários 18 minutos.

- a) Faça uma previsão de qual dos aparelhos consome maior quantidade de energia elétrica? Justifique a escolha.

- b) Qual o consumo da energia elétrica diariamente por cada um dos aparelhos, no intervalo de tempo citado? A previsão respondida no item **a** estava correta? Justifique.

- c) Qual dos modelos oferece uma compra mais vantajosa? Justifique.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Benigno; Xavier, Cláudio; *Física: aula por aula*. São Paulo: FTD, 2013.

GRES, Instituto de Física da USP. *Leituras de Físico-Eletromagnetismo*. São Paulo, 1998.

SANT'ANNA, Blaidi; MARTINI, Gloria; REIS, Hugo C.; SPINELLI, Walter; *Conexões com a Física*. São Paulo: Moderna, 2010.

ÂPENDICE G: GUIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS SOBRE POTÊNCIA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Caros alunos,

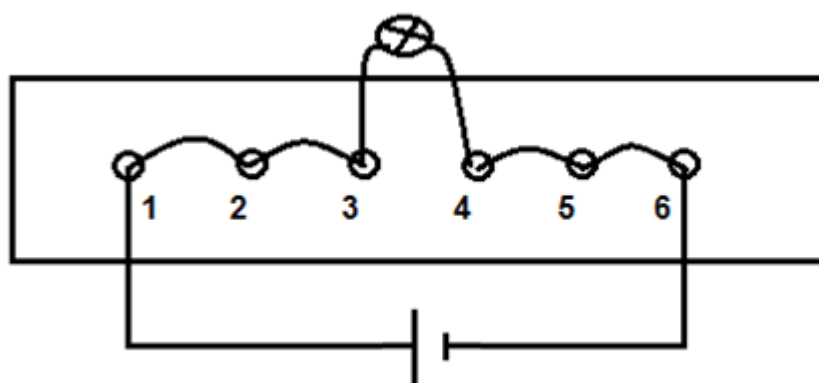
As atividades experimentais listadas a seguir serão desenvolvidas usando os seguintes materiais: fios elétricos, lâmpadas, conectores, baterias e um multímetro.

Antes de começar as atividades é importante que utilizem o multímetro na função ohmímetro para verificarem a resistência elétrica das lâmpadas e na função voltímetro, a diferença de potencial da fonte de alimentação. Caso a resistência elétrica de qualquer uma das lâmpadas seja maior que 30Ω , isso será um indicativo de que a lâmpada está queimada e se a diferença de potencial da fonte for menor que 6 V será um indicativo de que a fonte não foi conectada corretamente.

01. Para a realização das medições elétricas desta atividade, utilize o multímetro na função voltímetro (chave posicionada em 20 V) para medir a diferença de potencial e na função amperímetro (chave posicionada em 200 mA) para medir a intensidade da corrente elétrica.

Monte o circuito elétrico com uma lâmpada, conforme indica a Figura 7.1.

Figura 7.1 – Lâmpada associada em um circuito elétrico



Fonte: Autora

a) Qual a diferença de potencial $V_3 - V_4$?

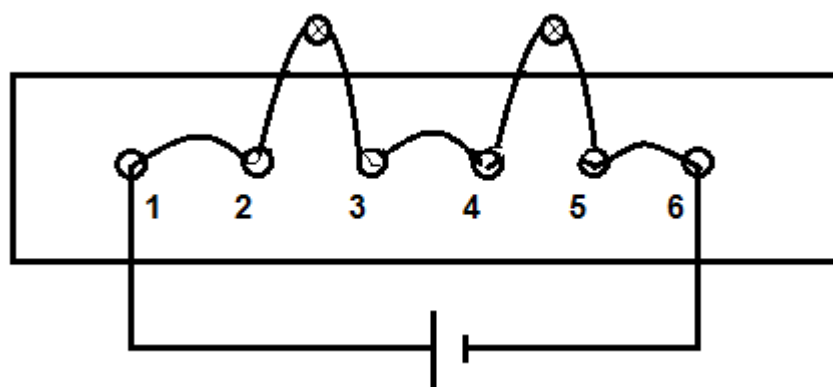
b) Qual o valor da intensidade da corrente elétrica do circuito?

OBS: O multímetro na função amperímetro deve ser ligado em série no circuito.

DICA: Para medir a corrente entre dois pontos basta retirar o fio que está conectando-os e colocar as ponteiros do multímetro nesses pontos.

- c) Com base nos valores medidos encontre a potência elétrica da lâmpada?
- d) Qual a energia elétrica consumida pela lâmpada durante 1 hora?
- e) Acrescente mais uma lâmpada, do mesmo modelo, ao circuito elétrico, conforme indica a Figura 7.2.

Figura 7.2 – Lâmpadas associadas em série

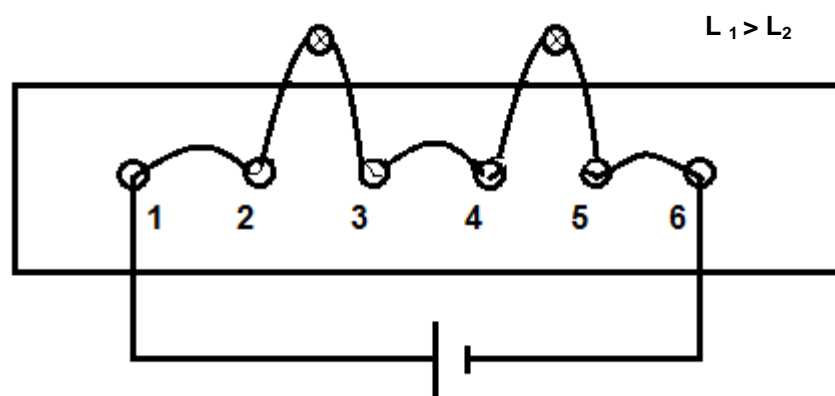


Fonte: Autora

- f) Qual a potência elétrica das lâmpadas L_1 e L_2 ? A potência elétrica da lâmpada L_1 permaneceu constante? Justifique.
- g) Comparando os item **c** e **f**, você pode concluir que a potência total dissipada é maior no circuito representado pela Figura 7.1 ou no circuito representado pela Figura 7.2? Justifique.

02. Monte o circuito elétrico com duas lâmpadas de modelos diferentes, conforme indica a Figura 7.3.

Figura 7.3 – Lâmpadas associadas em série



Fonte: Autora

- Qual a potência elétrica das lâmpadas L_1 e L_2 ?
- Qual das lâmpadas apresenta maior brilho? Justifique.
- Qual a energia elétrica consumida por cada uma das lâmpadas durante 1 hora?

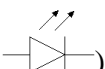
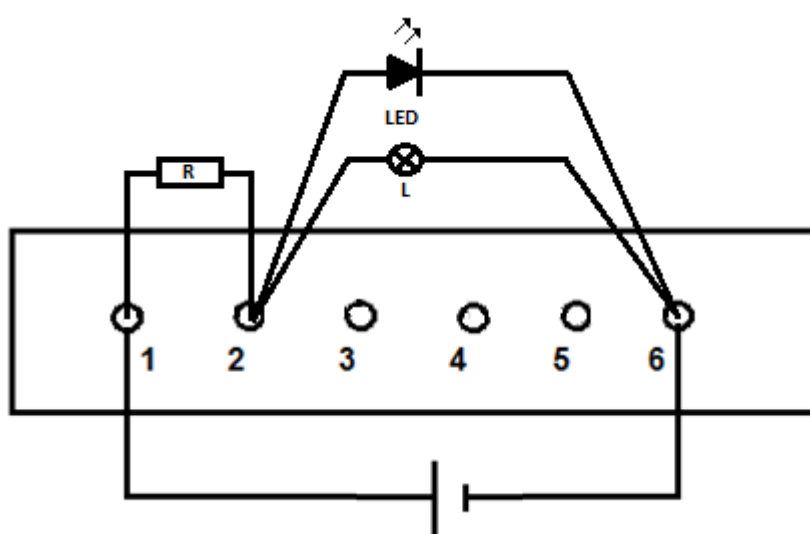
03. Monte o circuito elétrico com uma lâmpada e um LED (dióxido emissor de luz, representado pelo símbolo ) conforme indica a Figura 7.4.

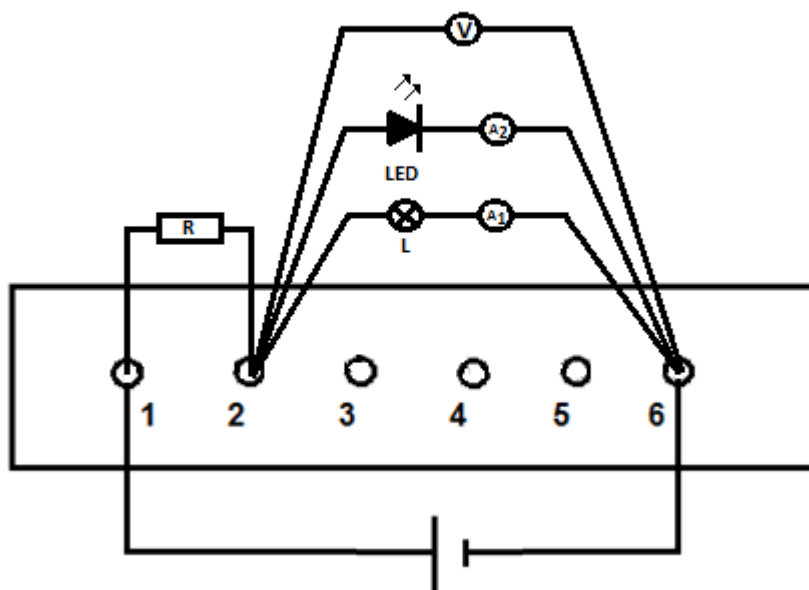
Figura 7.4 – Associação composta de: resistor, lâmpada e LED



Fonte: Autora

- a) Com base no circuito representado pela Figura 7.4, identifique quais as medidas elétricas que devem ser realizadas para medir a potência elétrica da lâmpada e a do LED.
- b) Descreva quais procedimentos devem ser adotados para a realização de tais medidas.
- c) Qual o valor da intensidade da corrente elétrica que passa pela lâmpada? E a que passa pelo LED?
- d) Qual o valor da diferença de potencial na lâmpada? E no LED?
- e) Qual o valor da potência elétrica da lâmpada? E a do LED?
- f) Quem brilha mais: a lâmpada ou o LED?
- g) Quanto tempo a lâmpada precisa ficar acesa para consumir a mesma quantidade de energia elétrica que foi consumida pelo LED durante 1 hora?

4. GABARITO DE MONTAGEM PARA A QUESTÃO NÚMERO 3 DO GUIA EXPERIMENTAL GA7



Fonte: Autora

ÂPENDICE H: ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS

PARTE 1

01. Em cada linha, assinale com um X a potência elétrica (estimada) dos aparelhos que você possui em sua residência. Caso você não possua alguns dos aparelhos listados deixe a linha em branco.

APARELHO ELÉ- TRICO	POTÊNCIA ELÉTRICA				
	Até 100 W	Entre 100 W e 500 W	Entre 500 W e 1000 W	Entre 1000 W e 3000 W	Mais de 3000 W
Batedeira					
Chapinha					
Chuveiro elétrico					
Computador					
Ferro elétrico					
Forno elétrico					
Geladeira					
Lâmpadas					
Liquidificador					
Máquina de lavar roupas					
Micro-ondas					
Secador de cabelo					
Televisão					
Outros					
Outros					

Outros					
--------	--	--	--	--	--

02. Tarefas para casa:

Pesquisar nas etiquetas dos aparelhos elétricos de sua residência a potência elétrica de cada um e anotar.

APARELHO ELÉTRICO	POTÊNCIA ELÉTRICA
Batedeira	
Chapinha	
Chuveiro elétrico	
Computador	
Ferro elétrico	
Forno elétrico	
Geladeira	
Lâmpadas	
Liquidificador	
Máquina de lavar roupas	
Micro-ondas	
Secador de cabelo	
Televisão	
Outros	
Outros	
Outros	

PARTE 2

01. Nesta atividade você usará o valor da potência elétrica dos aparelhos de sua residência, conforme a pesquisa nas etiquetas, solicitada na aula anterior.

Questões:

a) Estime, aproximadamente, o tempo de uso diário e mensal de cada aparelho e a energia elétrica consumida mensalmente, anotando na tabela a seguir.

Aparelho	Potência elétrica	Tempo diário do uso em horas	Tempo mensal do uso em horas	Energia elétrica consumida mensalmente
Batedeira				
Chapinha				
Chuveiro elétrico				
Computador				
Ferro elétrico				
Forno elétrico				
Geladeira				
Lâmpadas				
Liquidificador				
Máquina de lavar roupas				
Micro ondas				
Secador de cabelo				
Televisão				
Outros				

Outros				
Outros				

b) Qual é a previsão da energia elétrica consumida mensalmente em sua residência, conforme os valores encontrados na tabela anterior?

c) Pesquise na conta de energia elétrica de sua residência, o consumo mensal (em kWh) e compare com o valor obtido na questão anterior.

d) Os valores foram aproximados? Qual a diferença encontrada? Aponte possíveis fatores para as diferenças encontradas?

e) Considerando os dados encontrados nessa atividade apresente um planejamento que possibilite uma diminuição de 20% no consumo mensal de energia elétrica de sua residência.

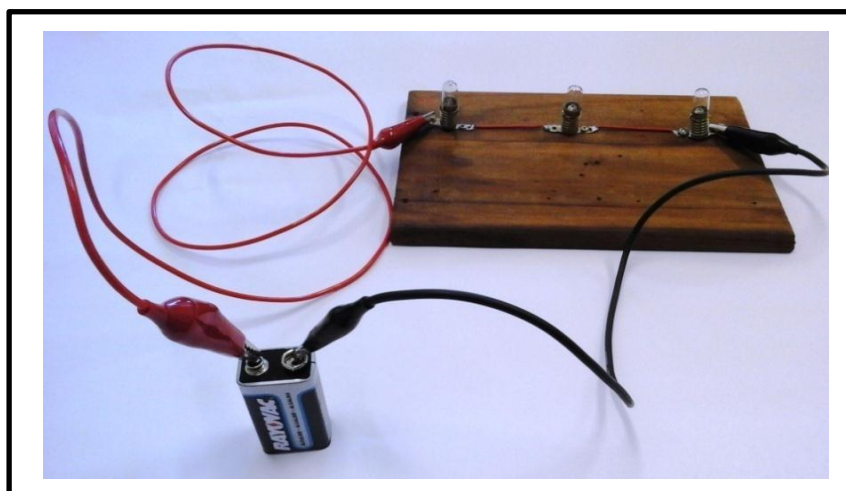
ÂPENDICE I: CONSTRUÇÃO DO KIT EXPERIMENTAL

A sequência didática apresentada neste produto educacional é composta por atividades de introdução teórica, simulação computacional e atividades experimentais. Para complementar as atividades introdutórias ao estudo dos circuitos elétricos (teoria e simulação) e retomar os conceitos estudados, seguindo o princípio da reconciliação integrativa de Ausubel (2000), desenvolvemos um conjunto de atividades experimentais que retomaram os objetivos de aprendizagem determinados nas etapas anteriores da sequência didática. O kit experimental que montamos para desenvolver as atividades foi inspirado nos layouts do simulador Phet, para que os alunos se sentissem mais seguros e familiarizados, uma vez que trabalharam diversas aulas com o simulador e não tiveram dificuldades.

Nosso propósito com a construção do kit experimental consistiu em permitir aos alunos que fossem capazes de montar os circuitos elétricos em série e em paralelo, alternando facilmente a ordem e o tipo de elementos (fios elétricos, lâmpadas incandescentes, LEDs e resistores) para realizar as medidas utilizando o aparelho multiteste.

Para a confecção do kit experimental, fizemos alguns testes com diferentes materiais e os mesmos foram sendo modificados ao longo de nosso estudo. Primeiramente para montar os circuitos, pensamos em utilizar fios com pontas “cabo jacaré”, soquetes com lâmpadas de rosca e uma bateria de 9 V, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Circuito elétrico com fios cabo jacaré, lâmpada incandescente e bateria



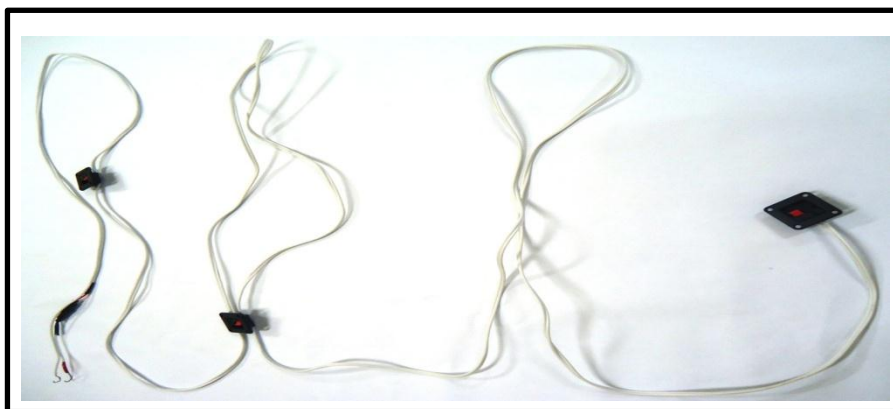
Fonte: Acervo da autora

Para a montagem do circuito elétrico ilustrado na Figura 1, encontramos algumas dificuldades, como por exemplo, encontrar lâmpadas incandescentes de 9 V com conectores de

rosca, a necessidade de possuir muitos fios com pontas “cabo-jacaré” e a bateria capaz de manter uma tensão de alimentação constante.

Diante das dificuldades citadas, resolvemos trocar as baterias por uma fonte de alimentação constante de 12 V e confeccionamos extensões (Figura 2) que possibilitassem alimentar várias régua de contato (Figura 3).

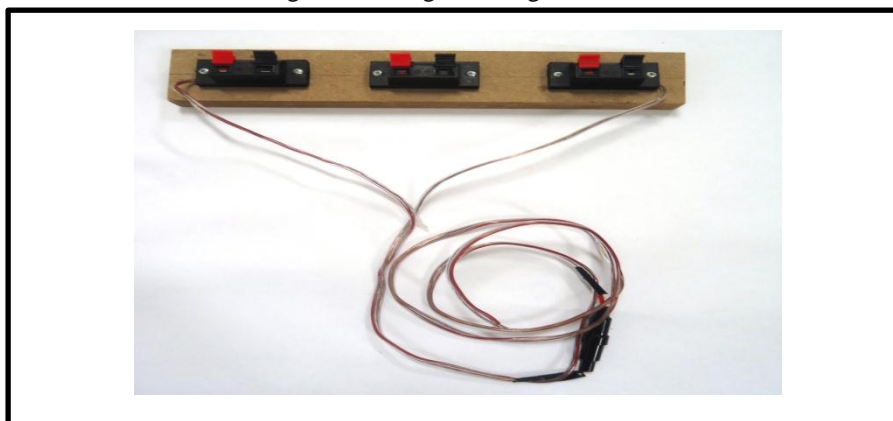
Figura 2 – Imagem da extensão construída



Fonte: Acervo da autora

Na extensão (Figura 2) utilizamos conectores de pressão, separados por uma distância de aproximadamente 2 metros cada, em que cada conector pode alimentar uma régua de contato (Figura 3) que serviria para o trabalho de cada grupo.

Figura 3 – Imagem da régua de contatos



Fonte: Acervo da Autora

O que denominamos de régua de contato é um pedaço de madeira com três conectores de pressão fixados. Nos conectores das extremidades ligamos uma extensão que deve ser ligada a um conector associado à outra extensão (Figura 2), que por sua vez está ligada a uma fonte de alimentação. A confecção desse material permitiu diminuir problemas de contato no

circuito elétrico e também utilizar uma única fonte de alimentação. Cabe salientar que nas extensões foram colocados fusíveis para proteger os equipamentos e aumentar a segurança dos estudantes.

O kit experimental é composto pelos seguintes materiais:

- a) fonte de alimentação de 12 V;
- b) régua de contatos (peçada de madeira com conectores de pressão);
- c) extensão com vários conectores separados por uma distância de aproximadamente 2 metros (caso seja necessário usar simultaneamente mais de uma régua de contatos);
- d) pequenos pedaços de fios elétricos com pontas desencapadas;
- e) lâmpadas incandescentes de diversos modelos (6 V a 12 V);
- f) leds de alto brilho;
- g) resistores de 100 Ω ;
- h) aparelhos multíteste.

Figura 4 – Imagem dos materiais do kit experimental



Fonte: Acervo da Autora

REFERÊNCIAS

AUBUBEL, David P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Paralelo, 2000.

APÊNDICE J – QUESTIONÁRIOS INVESTIGATIVOS

Nome: _____

a) Você teve dificuldades na realização da atividade? Justifique.

b) O que você aprendeu com essa atividade?

c) Quais foram suas dúvidas após a atividade?

d) O que você gostaria que fosse destacado na próxima aula a respeito do que foi trabalhado com essa atividade?